

E.T.S. de Ingeniería Industrial,
Informática y de Telecomunicación

Adecuación de un Sistema de Visión Artificial para Control de Calidad



Grado en Ingeniería
en Tecnologías de Telecomunicación

Trabajo Fin de Grado

Ainara Estaun Gabás
Rafael Cabeza Laguna
Pamplona, 01/07/2016



Adecuación de un Sistema de Visión Artificial para control de calidad

Ainara Estaun Gabás

Resumen

Tasubinsa es una empresa navarra, la cual entre otras labores, es proveedora a numerosos clientes importantes, y como tal necesita que sus productos sean de calidad, para que el cliente esté conforme con él y vea satisfechas sus necesidades.

Para tener un mejor control de la calidad, la planta de Tasubinsa situada en Beriáin, cuenta con un sistema de visión artificial, para validar una pieza que forma parte de los frigoríficos de la empresa BSH.

Dado que en cada planta de la empresa se realizan numerosos productos diferentes, siendo un total de 14 plantas por toda navarra, lo que la empresa quiere es investigar las posibilidades de introducir nuevos sistemas de visión artificial en otros procesos de producción y si es viable para ellos. Por tanto en este proyecto se pretende conocer y analizar el sistema de visión instalado en la planta de Beriáin, y hacer una “copia” del mismo que pueda ser aplicada en la inspección de otro tipo de productos en los que la empresa tenga especial interés.

Palabras clave

- Visión Artificial.
- Procesado de imagen.
- Umbralización.
- Segmentación.
- Interfaz Gráfica de Usuario.

Adecuación de un Sistema de Visión Artificial para control de calidad

Ainara Estaun Gabás

Abstract

To have a better control of the quality of final elaborated products and so to satisfy the customers, the company Tasubinsa possesses an artificial vision system in one of his workshops. What the company wants is investigate the possibilities of introducing new artificial vision system in other processes of production and if it is viable and profitable for them. Therefore this project tries to know and to analyze the vision system installed in the company, and to make a "copy" of the same one that could be applied in the inspection of another type of products in which the company has special interest.

Key Words

- Artificial Vision
- Image Processing.
- Segmentation.
- Thresholding.
- Graphical User Interface.

Índice

Resumen	2
Palabras clave	2
Abstract	3
Key Words.....	3
Capítulo 1. Introducción	6
Capítulo 2. Entorno de desarrollo del Proyecto y Objetivo.....	8
Capítulo 3. Estado del Arte	10
3.1. Definición	10
3.2. Visión Humana vs. Visión Artificial	10
3.3. Aplicaciones	11
3.3.1. Aplicaciones industriales.....	11
3.3.2. Aplicaciones científicas	11
3.3.3. Otras aplicaciones.	12
3.4. Visión Artificial en la Industria	12
3.5. Componentes de un Sistema de Visión Artificial.....	14
3.6. Funcionamiento	15
Capítulo 4. Sistema de Visión Artificial instalado en Tasubinsa	18
4.1. Hardware	19
4.1.1. Sensor para la inspección óptica de objetos.....	19
4.1.2. Sistema de conexión	19
4.1.3. Ordenador	20
4.1.4. Iluminación.....	20
4.2 Software de Aplicación del Sensor	20
4.3. Software Adicional.....	22
4.4. Proceso de Comunicación y Toma de Decisiones Adicionales	23
4.5. Presupuesto Sensor	25
Capítulo 5. Instalación del equipo	26

**Adecuación de un Sistema de Visión Artificial
para control de calidad**

Ainara Estaun Gabás

Capítulo 6. Pruebas realizadas.....	30
6.1. PIEZA 1	30
6.2. PIEZA 2	40
6.3. PIEZA 3	53
6.4. PIEZA 4	62
6.5. Tampografía	68
Capítulo 7. Interfaz Gráfica.....	73
7.1. Tecnología empleada:.....	73
7.2. Descripción:	74
BIBLIOGRAFÍA	81
ANEXO A:	83
ANEXO B.....	90
ANEXO C.....	93
ANEXO D	94
ANEXO E.....	96

Capítulo 1. Introducción

La visión es uno de los sentidos más complejos e increíbles de los seres humanos.

Gracias a este sentido, somos capaces de percibir información visual, la cual nos describe las cualidades y características de los objetos del entorno que nos rodea. Características como la forma, el tamaño y el color entre otras, gracias a las cuales podemos distinguir unos objetos de otros.

Bien es conocido el refrán que dice que “vale más una imagen que mil palabras”, y de reconocer es que su gran razón tiene, pues la mejor manera de constatar algo es verlo. Gracias a una imagen somos capaces de percibir y comprender más fácilmente muchos aspectos.

La visión no solo es un aspecto útil en la vida cotidiana. Hay algunos ámbitos que tienen ciertos intereses científicos o comerciales como son las industrias, en los cuales cada vez hay más competencia y por ello se precisa obtener un producto final de alta calidad. Para realizar este trabajo se suele dejar a la vista humana al cargo de la verificación en los controles de calidad y trabajos de inspección de productos.

El sistema de visión humano es sorprendente, sin embargo, no es infalible, ya que depende de cada persona y de muchas circunstancias. Puede ocurrir que se vean cosas que no son o hacer interpretaciones erróneas de manera que, dejar a la vista humana el trabajo de verificación e inspección de controles de calidad puede ser algo arriesgado. Puede darse el caso en que al encargado del trabajo mencionado, en concreto a su sentido de la visión, se le escapen y no perciba ciertos errores en el producto y que eso luego impida el buen funcionamiento del mismo.

Es aquí uno de los aspectos donde entra la introducción de los sistemas de visión artificial. Las técnicas de análisis y procesamiento de imagen en entornos científicos e industriales son relativamente recientes. Los primeros sistemas de visión artificial se remontan a hace unos 30 años y se puede decir que el rápido avance de los ordenadores ha ayudado a una rápida evolución también de estos sistemas.¹

Hasta hace unos pocos años no se podían realizar procesos en tiempo real debido a que los ordenadores no eran lo suficientemente rápidos para realizar los cálculos necesarios con las imágenes.

¹ INFAIMON, Software de Imagen, <http://www.infaimon.com/es/software-de-imagen-industria>

Adecuación de un Sistema de Visión Artificial para control de calidad

Ainara Estaun Gabás

Gracias pues a la evolución del hardware y de los procesadores de los PC se ha conseguido realizar la mayoría de los procesos en tiempos suficientemente cortos y visualizar las imágenes en tiempo real. Esto permite aplicar la visión artificial en ámbitos científicos e industriales obteniendo buenos resultados en espacios de tiempo bastante favorables.

Otro aspecto que ha cambiado con los años es que actualmente se dispone de numerosos entornos de programación más fáciles de utilizar a diferencia de hace unos pocos años en los que se requería un extenso conocimiento del software de bajo nivel y del hardware de visión.

Capítulo 2. Entorno de desarrollo del Proyecto y Objetivo

Tasubinsa es una empresa Navarra, sin ánimo de lucro cuyo objetivo es la integración laboral y social de las personas con discapacidad, preferentemente intelectual.

Lleva en pie desde 1989 a partir de un acuerdo producido entre el Gobierno de Navarra y ANFAS, Asociación Navarra de Familiares y Amigos de Personas con discapacidad intelectual. Desde esa fecha pasó a gestionar el empleo de las personas discapacitadas así como la dirección de los Centros Ocupacionales que los atienden, dando a todo ello el sello empresarial.

Cuenta con más de 1300 personas trabajando y desarrollando terapias ocupacionales de distintos tipos. El 80% de ellos tiene algún tipo de discapacidad, generalmente intelectual, quienes se ven ayudados y apoyados por un equipo de empleados con las cualidades y formación adecuada para poder establecer un seguimiento. La actividad se realiza en las distintas plantas repartidas por toda la geografía navarra (Arazuri, Beriáin, Burlada, Elizondo, Lakuntza, Noáin, Orkoien, Pamplona, San Adrián, Sangüesa, Tafalla, Tudela y Villatuerta).

Como empresa tiene un doble propósito. Gracias a sus Centros aseguran los servicios de terapia ocupacional y de ajuste personal y social a personas cuya acusada discapacidad temporal o permanente les impida su integración en una empresa o centro especial de empleo.

Por otra parte no deja de ser una empresa cuyo objetivo es realizar un trabajo productivo y de calidad para las empresas cliente.

En las distintas plantas industriales se realizan labores como la inyección y decoración de plásticos, manipulados y montajes de todo tipo de piezas y su clasificación, empaquetado y embalaje de productos, montajes electrónicos y eléctricos, montajes para automoción, cableados, etc. Todo ello para poder proporcionárselo a sus más de 125 clientes. Algunos de ellos son grandes empresas como VOLSKWAGEN, LABORATORIOS CINFA y BSH ELECTRODOMÉSTICOS entre muchas otras.

Es por eso que para que otras empresas cuenten y depositen su confianza en Tasubinsa, se debe garantizar la mejor calidad de los productos al menor precio posible.

La implantación de un sistema de visión artificial, es una de las mejores inversiones para asegurar y mejorar esa calidad final de los productos, pues detectan los fallos que los humanos no han sido capaces de detectar y por tanto poder corregir a tiempo el

Adecuación de un Sistema de Visión Artificial para control de calidad

Ainara Estaun Gabás

producto. De esta manera se minimizan los errores y el cliente evita tener problemas con las piezas y mejora su satisfacción.

Sin duda es una de las mejores ayudas para los trabajadores con discapacidad intelectual, los cuales gracias al sistema de visión artificial pueden comprobar de manera sencilla, visual e intuitiva para ellos, si su trabajo ha sido realizado correctamente o deben modificar algún elemento antes de seguir con la cadena.

La planta de Beriáin, instaló para ello, hace aproximadamente un año, un equipo de visión artificial, mediante el cual se controla el posicionamiento de unas bandas adhesivas de goma espuma, situadas de forma concreta, en una de las carcasas de plástico para frigoríficos de su cliente BSH Electrodomésticos.

Con este proyecto lo que se pretende es conocer en profundidad dicho sistema de visión artificial, para estudiar sus posibilidades y poner en marcha su introducción en otros procesos de producción.

Se realiza una primera fase en la que se analiza el hardware y software del sistema de visión ya implantado. Posteriormente se documenta toda la información disponible y puesta en contacto con el proveedor del equipo para adquirir los elementos necesarios. Por último se realiza el trabajo necesario, diseño, desarrollo y realización de las pruebas pertinentes para reproducir la aplicación en el nuevo sistema de visión montado y crear las aplicaciones necesarias en otros montajes de la empresa. Finalmente se comprueba si es una buena opción para los requerimientos que precisa Tasubinsa.

Capítulo 3. Estado del Arte

3.1. Definición

Se puede hacer una definición sencilla de la visión artificial estableciéndola como una disciplina científica que permite captar, analizar y entender imágenes del entorno físico con la ayuda de un ordenador.

Tiene como objetivo, reproducir una sensación similar a la que realiza la visión humana junto con el cerebro, gracias a la ayuda de una cámara y un programa en un ordenador, que a partir de una imagen sea capaz de procesarla y comprenderla para poder tomar posteriormente las decisiones adecuadas.

En un sistema de visión artificial la imagen se percibe a través de una cámara o de un sensor de visión que equivaldría al funcionamiento del ojo humano. Ambos sistemas obtienen imágenes bidimensionales de una realidad y un entorno tridimensional.

3.2. Visión Humana vs. Visión Artificial

Las cámaras realizan la función del globo ocular a través de su óptica. Posteriormente el ordenador se encarga de las tareas de procesado, emulando el comportamiento del cerebro.

Si bien existe una gran similitud entre ambos sistemas, es cierto que no se puede averiguar los mecanismos que el cerebro utiliza para conocer la información y por tanto la posibilidad de implementar artificialmente la percepción tan sofisticada que posee, es algo que ni ahora ni en mucho tiempo se va a poder realizar.

La visión humana además cuenta con un mejor reconocimiento de objetos, se adapta mejor a situaciones imprevistas, tiene mayor resolución que la que pueda tener una cámara y se trabaja mejor en situaciones de alto nivel de proceso.²

Por su parte, los sistemas de visión artificial pueden realizar tareas de manera más efectiva que la visión humana. Este es el caso de algunos aspectos como la capacidad de captar todo el espectro electromagnético, no solo el rango de luz visible del que el sistema de visión humana solo es capaz de detectar; las velocidades de respuesta con tiempos más reducidos que la visión humana; el hecho de que a la visión humana le

² SABIA Group, Visión Artificial e Interacción sin mandos,
<http://sabia.tic.udc.es/gc/Contenidos%20adicionales/trabajos/3D/VisionArtificial/index.html>

Adecuación de un Sistema de Visión Artificial para control de calidad

Ainara Estaun Gabás

puede afectar el cansancio, la fatiga y las distracciones mientras que la visión artificial mantiene su nivel de rendimiento constante a lo largo de su vida útil, y además que con los sistemas de visión artificial se puede trabajar en entornos que pueden resultar peligrosos y con riesgos para el sistema de visión humana.

Por tanto aunque la visión artificial diste bastante de la percepción visual de los seres humanos, es capaz de realizar ciertas tareas visuales para el hombre de manera eficaz.

3.3. Aplicaciones

El uso de estos sistemas de visión en distintas aplicaciones está creciendo rápidamente. La mayoría son de aplicación industrial y científica.

3.3.1. Aplicaciones industriales

Las aplicaciones industriales están encaminadas para acelerar sus procesos, reducir costes de producción y mejorar la calidad del producto final para su venta al cliente.

Algunas aplicaciones industriales son por ejemplo la metrología óptica 2D y 3D, lectura de datos (OCR, OCV, código de barras), reconocimiento y verificación de caracteres orientado a la mejora de trazabilidad, almacenamiento y lectura en ciertos sectores como la gestión logística, almacenes y seguridad, verificación de impresión, orientación y posicionamiento de objetos, recuento de productos, inspección de superficies, sistemas de seguridad y vigilancia.

3.3.2. Aplicaciones científicas³

La visión artificial también se aplica en ámbitos de la biología y medicina como por ejemplo, en aplicaciones microscópicas (identificar propiedades de las células o contar microorganismos) y macroscópicas (para identificar texturas o características de diferentes áreas naturales); realización de diagnósticos de diferentes enfermedades, por ejemplo, radiografías, resonancias y tomografías; aplicaciones en robótica quirúrgica o cirugía asistida y visualización tridimensional de órganos; y aplicaciones para seguridad con la utilización de imágenes de huellas dactilares, caras o imágenes de retinas.

³ SABIA Group, Visión Artificial e Interacción sin mandos,
<http://sabia.tic.udc.es/gc/Contenidos%20adicionales/trabajos/3D/VisionArtificial/index.html>

Adecuación de un Sistema de Visión Artificial para control de calidad

Ainara Estaun Gabás

3.3.3. Otras aplicaciones.

Además se pueden encontrar en otras aplicaciones para control de tráfico (detección de matrículas de los coches) y seguimiento de actividades humanas.

3.4. Visión Artificial en la Industria

En este apartado nos centramos en los sistemas de visión destinados a la inspección a nivel industrial, uno de los campos de la visión artificial que más ha crecido últimamente.

En la actualidad existen procesos de fabricación que son muy complejos y por tanto es necesario realizar un control de calidad para poder verificar ciertas características del producto final. Este control se realiza mediante la inspección del objeto para determinar si cumple con unas determinadas especificaciones técnicas.

Esta inspección puede tratarse de un análisis del producto al final del proceso de fabricación, o de un proceso intermedio de fabricación que proporciona la información necesaria para determinar si las operaciones realizadas han sido correctas y así poder continuar con la siguiente fase de producción sin tener que interrumpir o formar atascos en el proceso, y evitar los costes que habría supuesto si se hubiese seguido trabajando con un elemento defectuoso. Por tanto es importante la inspección en línea ya que así se evita la llegada de artículos defectuosos al cliente o al proceso siguiente de la cadena de producción.

La crecida de la instalación de sistemas de visión artificial es debida al aumento de competitividad entre fabricantes y proveedores para satisfacer a las industrias receptoras, debido a la fuerte competitividad en el mercado, hecho que ha desencadenado a que cada vez se inviertan más recursos en automatizar la inspección en línea mediante sistemas de visión artificial.

Se toma la decisión de realizar estas tareas de inspección mediante sistemas de visión artificial ya que parece que poseen una precisión y repetibilidad que la vista humana no tiene o que es incapaz de mantener durante un largo periodo de tiempo, y por tanto ser más adecuadas en procesos en línea.

Estos sistemas no solo presentan ciertas ventajas sobre la visión humana sino que también presentan otras ventajas frente a otros sistemas de inspección automáticos, los cuales precisarían de un contacto con la pieza a inspeccionar, y por tanto que este parada y bien cuidadosamente posicionada, mientras que los sistemas de visión artificial no necesitan contacto con el objeto, evitando así posibles riesgos de daños, ni parada de la línea y posicionamiento preciso.

Adecuación de un Sistema de Visión Artificial para control de calidad

Ainara Estaun Gabás

Hay que conocer bien las limitaciones aunque haya mejorado considerablemente la fiabilidad y prestaciones en los sensores de adquisición de imagen, hardware y software, para conocer lo que la tecnología de visión puede o no puede hacer.

Los sistemas de inspección industrial deben tener las siguientes características⁴:

- Robustez: debe ser insensible a posibles variaciones que aparecen en el entorno industrial.

Esta es una característica complicada de conseguir, pero en casos donde las variaciones del entorno son limitadas se puede conseguir sin necesidad de intentar alcanzar las capacidades del sistema humano.

- Fiabilidad: conseguir que la inspección tenga un índice de errores de reconocimiento muy bajo.
- Precisión.
- Velocidad. Depende del tiempo de inspección que necesite la aplicación, pero el sistema de visión no puede ser nunca el cuello de botella del proceso de fabricación.
- Disponibilidad de servicio técnico. Para ante cualquier eventualidad poder ser rápidamente reparable o sustituible.
- Flexibilidad. Es recomendable que los sistemas sean diseñados de forma que se pueda adaptar fácilmente a nuevas tareas.
- Coste. La rentabilidad de un sistema de visión artificial no es fácil de evaluar a simple vista y es preciso considerar los costes de calidad del proceso como son los costes de prevención de fallos, costes de inspección y costes de los defectos. Dependerá de cada sistema el plazo de amortización. Pero aunque inicialmente si puede parecer una inversión cara, la verdad es que no lo es ya que en general la amortización se produce en un periodo de tiempo corto y que resuelve problemas que no pueden solucionarse con equipos convencionales en muchas ocasiones.

⁴ Los Sistemas de Visión Artificial en Inspección Industrial,
<http://www.librovision.eii.uva.es/pdf/cap9.pdf>

3.5. Componentes de un Sistema de Visión Artificial

Un sistema de visión artificial consta de los siguientes elementos:

- Iluminación: es uno de los elementos más importantes ya que debe proporcionar las condiciones necesarias para la toma de imágenes de los objetos ya que la cámara se ocupa de capturar la luz reflejada de los objetos.

La forma de iluminar un objeto de acero, por ejemplo, no será igual que iluminar una hoja de papel en blanco, ya que la luz se refleja de forma distinta.

Por tanto, se busca una iluminación estable que facilite la extracción de los rasgos de interés para una determinada aplicación, incrementando el contraste de los objetos a detectar y evitando sombras y posibles reflejos.

Puede darse el caso de que en ciertas aplicaciones baste con la luz de ambiente o del entorno, así que a pesar de ser un elemento importante, la iluminación puede ser un aspecto adicional.

La iluminación puede realizarse⁵, entre otras, mediante fibra óptica, la cual proporciona una gran intensidad de luz uniforme ideal para iluminar objetos pequeños; fluorescente, que proporciona una luz brillante sin sombras; iluminación mediante diodos led, que proporcionan una luz difusa muy útil para la aplicación en ciertos objetos y laser empleado en aplicaciones de medida de profundidad y de superficies irregulares.

- Cámaras⁶. En la captura de la imagen intervienen las cámaras, formadas al igual que el ojo humano, por una lente convergente que proyecta la imagen sobre una superficie sensible a la luz denominada sensor de imagen.

Según la aplicación puede necesitarse una o varias cámaras, las cuales se encargan de capturar la imagen proyectada en el sensor, a través de las ópticas, y así recoger las características del objeto en estudio para su posterior procesado. Estos sensores pueden ser realizados en dos tecnologías, la tecnología CCD que proporciona una mejor calidad de imagen, por ello tiene mayor difusión en aplicaciones profesionales, ciencia y astronomía, o tecnología CMOS que es más económica y ofrece un menor tamaño y además puede

⁵ Centro Integrado Politécnico Tudela, Visión Artificial,
<http://www.etitudela.com/celula/downloads/visionartificial.pdf>

⁶ SABIA Group, Visión Artificial e Interacción sin mandos,
<http://sabia.tic.udc.es/gc/Contenidos%20adicionales/trabajos/3D/VisionArtificial/index.html>

Adecuación de un Sistema de Visión Artificial para control de calidad

Ainara Estaun Gabás

capturar partes de la imagen, no teniendo que transmitirla completamente, al contrario que en los sensores con tecnología CCD.

A la hora de escoger una cámara hay que tener en cuenta el objeto que se va a inspeccionar para elegir el sensor adecuado. Para ello se tiene en cuenta una serie de características que principalmente son: resolución, sensibilidad, rango dinámico, SNR, *smear* y velocidad de captura.

Las cámaras han evolucionado mucho en los últimos años, tanto es así que hoy en día para el control industrial se hace uso de cámaras inteligentes, las cuales incorporan los elementos tradicionales de las cámaras convencionales (sensor y electrónica asociada a la captura) pero además se acompañan de un procesador, memoria y sistema de comunicaciones con el exterior, y por tanto componen en sí mismas un sistema completo de visión artificial.

- Interfaz entre el sensor o cámara y el ordenador, para controlar las entradas y salidas y poder tomar decisiones antes y después del procesado.

3.6. Funcionamiento

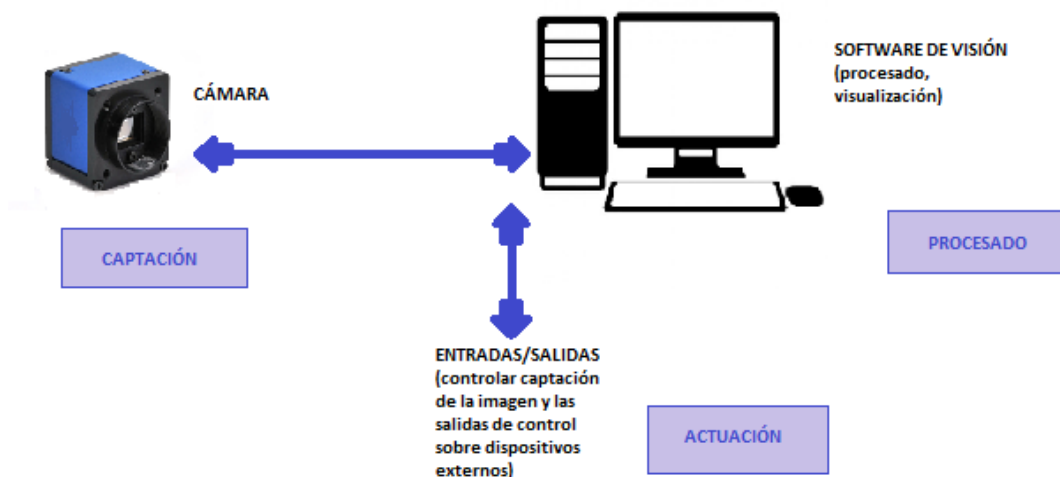


Fig3.1. Esquema simplificado del funcionamiento de un sistema de visión

Adecuación de un Sistema de Visión Artificial para control de calidad

Ainara Estaun Gabás

Se puede decir que todos los sistemas de visión artificial, independientemente de la aplicación a la que estén orientados, tienen unas etapas de funcionamiento común⁷.

Se pueden distinguir dos fases principales, la formación de las imágenes y el procesamiento de estas.

La primera fase está constituida por el sistema de iluminación, la captación de la imagen y la adquisición de la señal en el ordenador. Una vez hecho esto se pasa a la segunda fase en la que se procesa la imagen mediante algoritmos para alcanzar otro tipo de información.

Algunas de las etapas básicas de un sistema de visión artificial son las siguientes:

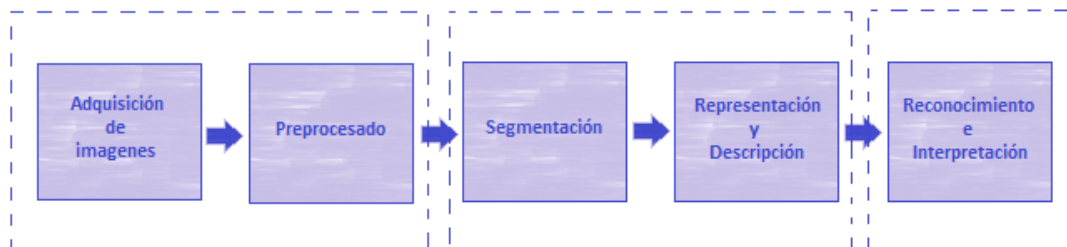


Fig3.2. Etapas básicas de un sistema de visión artificial

- Adquisición de la imagen.

Se trata de la primera etapa en la que se construye el sistema para la formación de las imágenes. Mediante las técnicas comentadas anteriormente como la iluminación, cámara y si se requiere de algún elemento adicional, se pretende realzar las características visuales de los objetos (formas, texturas, colores, sombras...). Es importante un buen diseño en esta primera etapa para tener éxito en la aplicación.

- Preprocesado.

El objetivo es mejorar la calidad informativa de la imagen mediante diferentes técnicas.

⁷ Universidad Politécnica de Madrid, Introducción a la visión artificial, http://www.elai.upm.es/webantigua/spain/Asignaturas/MIP_VisionArtificial/ApuntesVA/cap1IntroVA.pdf

Adecuación de un Sistema de Visión Artificial para control de calidad

Ainara Estaun Gabás

- Segmentación.

En esta etapa se decide que partes de la imagen necesitan interpretación o análisis y cuáles no, dividiendo la imagen en áreas.

Existen varias técnicas para esto: umbralizaciones, discontinuidades, crecimiento de regiones, uso del color o de movimiento, etc.

- Representación y descripción (extracción de características).

Una vez dividida la imagen, se pasa a la extracción de las características de las distintas zonas.

Estas características son de tipo morfológico, tales como área, perímetro, excentricidad, momentos de inercia, esqueletos, así como características basadas en la textura o en el color.

De esta manera se pasa a una información visual más elaborada.

- Reconocimiento e interpretación.

Una vez segmentada la imagen y extraídas las características deseadas del objeto de interés, se realizan una serie de evaluaciones en los mismos a partir de las cuales se puede establecer si una pieza se ha elaborado o no correctamente.

Esta interpretación se puede llevar a cabo de diferentes maneras: midiendo objetos y detectando formas y áreas, comparando patrones, etc.

Por último, una vez se tiene la evaluación, se pueden añadir procesos externos que se activen o no según el resultado obtenido, los cuales lleven a cabo una acción con la pieza inspeccionada.

Capítulo 4. Sistema de Visión Artificial instalado en Tasubinsa

Tasubinsa contactó hace aproximadamente dos años con la empresa DSLC, para instalar un sistema de visión artificial, que controlase la calidad de uno de sus productos elaborados en la planta de Beriáin.

Esta empresa se encargó de proporcionar el material necesario y además les ofreció un software propio, en el que se visualiza el resultado de la evaluación llevada a cabo en la inspección y procesado de la pieza.

Por otra parte, técnicos de Tasubinsa añadieron otros sistemas de toma de decisiones para hacer más completo el sistema. Se trata de unos útiles mediante los cuales se llevan a cabo las tareas de colocación de la pieza para que se dispare el sensor, y marcado de la pieza una vez ha sido evaluada como buena.

Este equipo ha facilitado mucho las cosas y es una muy buena opción para añadir en otros procesos. Sin embargo la empresa que se encargó en su momento, quebró. Por tanto en este proyecto se lleva a cabo la tarea de estudiar las posibilidades de utilizar el sistema con otros productos de Tasubinsa.

Para poder crear un sistema de visión artificial similar y que funcione en otras fases de producción, primero habrá que investigar y comprender el funcionamiento e instalación del ya existente.

La pieza a la cual se le realiza la inspección en Beriáin se trata de una carcasa de plástico, la cual forma parte de uno de los frigoríficos fabricados por BSH, en la que los operarios de la planta de Tasubinsa tienen que colocar una placa blanca de poliestireno, unas bandas de goma espuma de color gris oscuro y un motor. El sistema de visión es el encargado de evaluar si las bandas de esponja están en la posición correcta o no.



Fig4.1. Carcasa para BSH

Adecuación de un Sistema de Visión Artificial para control de calidad

Ainara Estaun Gabás

El sistema de visión en su totalidad está formado por los siguientes componentes.

4.1. Hardware

4.1.1. Sensor para la inspección óptica de objetos

Para la captación de las imágenes se utiliza un dispositivo inteligente. Se trata de un sensor de visión autónomo con iluminación, óptica y evaluación integradas en una carcasa robusta y apta para la industria.



Fig4.2. Sensor de visión de IFM

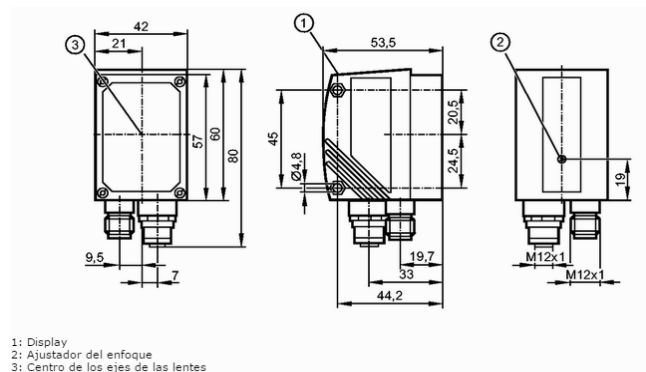


Fig4.3. Sensor de visión a escala

4.1.2. Sistema de conexión

El sensor dispone de dos interfaces. Uno para su alimentación y conexión de proceso, que significa que controla la conexión con otros elementos mediante entradas y salidas, analógicas en este caso; y otro interfaz de parametrización y proceso, es decir, de parametrización porque permite realizar la conexión entre el sensor y el software a la hora de cargar una aplicación del software al sensor,

Adecuación de un Sistema de Visión Artificial
para control de calidad

Ainara Estaun Gabás

y de proceso porque también permite controlar salidas, pero mediante Ethernet en este caso.

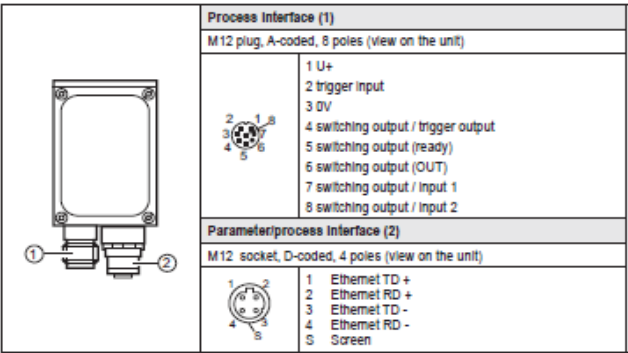


Fig4.4. Interfaces sensor

4.1.3. Ordenador

Es necesario un ordenador mediante el cual controlar el software de aplicación del sensor.

4.1.4. Iluminación

El equipo no cuenta con iluminación externa incluida, aparte de la iluminación general de la planta.

Esto es debido a la sencillez del objeto que inspeccionan y el material del mismo. Con la luz led interna del sensor es suficiente para tomar imágenes con la calidad suficiente para ser analizadas.

4.2 Software de Aplicación del Sensor

Se requiere de un software mediante el cual se creen las aplicaciones que realicen las tareas de procesamiento necesarias para detectar si una pieza es válida o defectuosa.

Estas aplicaciones se cargan en el sensor, el cual lleva a cabo la evaluación.

El mismo proveedor del sensor, proporciona este software adecuado para el sensor en concreto que se está utilizando y sin necesidad de conocimientos de programación.

Mediante dicho software, se crean, modifican y almacenan en el sensor lo que se llaman aplicaciones. Mediante estas aplicaciones, el sensor es capaz tras captar la imagen, de

Adecuación de un Sistema de Visión Artificial para control de calidad

Ainara Estaun Gabás

comparar el objeto inspeccionado con las características del modelo almacenado y establecer si la pieza se da por válida o no. El sensor en su *Display* muestra *PASS* si es válida y *FAIL* si no lo es. Como se puede ver en la figura 4.7, si se pone el sensor enfocado hacia abajo, la pantalla y los mandos de menú quedan al revés.

Además en el software se muestra la imagen captada, en la que aparecen pintados con colores los modelos que han sido dados como válidos, y sin color en caso de que no lo hayan sido.

En el caso concreto del equipo de Tasubinsa, en el sensor hay configurada una aplicación, que procesa la imagen de la carcasa de plástico de plástico blanca sobre la que se colocan las bandas de esponja de color gris oscuro.

La aplicación coloca 6 regiones en las posiciones en las que deberían estar colocadas las bandas de esponja. A partir de ahí hace una comparación. Si el área del trozo de esponja que coincide con el área de la región agregada, está dentro de un rango de valores establecidos en la configuración de la aplicación, se da por buena la pieza, sino, será que la banda no está bien colocada y deberá modificarse su posición y volver a inspeccionar su validación.



Fig4.5. Imagen que capta el sensor

Adecuación de un Sistema de Visión Artificial para control de calidad

Ainara Estaun Gabás



Fig4.6. Software de aplicación. Detección de las 6 regiones. Todos los modelos dados por válidos



Fig4.7. Display sensor cuando pieza válida (PASS al revés)

4.3. Software Adicional

La empresa DSLC, encargada de montar el sistema de visión artificial, proporcionó además un software propio adicional, el cual muestra por pantalla si la pieza procesada con en el software del sensor se ha dado por válida o no.

Si se ha dado por buena se muestra un mensaje de OK. Por el contrario si se ha dado por mala se muestra un mensaje de NOK.

De esta manera se facilita a los operarios la comprensión del sistema y ven de una manera mucho más clara si han colocado o no las bandas en las posiciones adecuadas.

El software además proporciona un almacenamiento de los datos obtenidos, sin embargo solo se hace uso de esta aplicación para que los operarios vean visualmente si han realizado el trabajo correcto o no.

Adecuación de un Sistema de Visión Artificial para control de calidad

Ainara Estaun Gabás

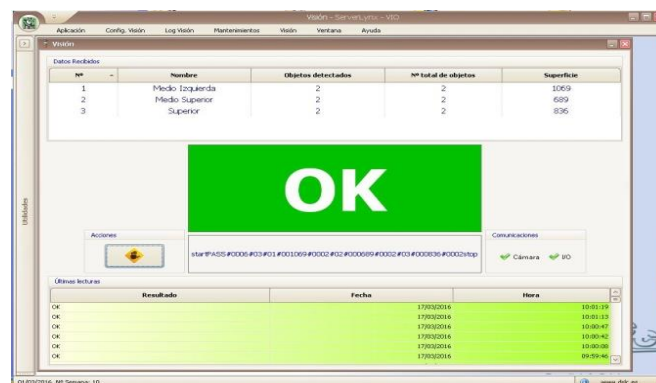


Fig4.8. Software de la empresa DSLC

4.4. Proceso de Comunicación y Toma de Decisiones Adicionales

Aparte del equipo ya comentado, Tasubinsa añadió un sistema propio para facilitar más la tarea. Se trata de un soporte sobre el que se coloca el objeto de interés. Este útil dispone de dos pequeños pulsadores, un sensor y dos indicadores de luz (luz verde si se detecta el objeto en la posición correcta y luz roja si no se detecta el objeto en la posición correcta). Al colocar la pieza sobre ellos, los pulsadores y el sensor deben estar activados para que se detecte que está colocada en una posición correcta para su análisis. Si es así, se encenderá el indicador de luz verde y por otra parte se manda a un módulo de entradas y salidas, que a través de un segundo módulo, llega al sensor de visión, la señal de que puede sacar una foto.

Esto facilita mucho las cosas, ya que es necesario que los objetos a inspeccionar siempre estén en la misma posición colocados, debido a que en la aplicación se han marcado las regiones a comparar en una posición fija, por tanto el objeto deberá estar situado en una posición tal que coincida con la posición de la imagen en la que están marcadas dichas regiones.

Adecuación de un Sistema de Visión Artificial para control de calidad

Ainara Estaun Gabás

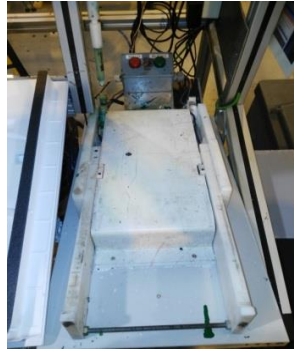


Fig4.9. Útil de comprobación

Una vez realizada la foto, se efectúa el procesado y análisis de la validez de la pieza. Como ya se ha comentado si la inspección es válida se muestra en el *Display* del sensor la palabra PASS y un OK en el software adicional. Tasubinsa además añadió otro sistema que realiza la acción cuando se da este caso.

Dicho sistema consta de un marcador con pintura, colocado encima de la pieza inspeccionada. Su manejo se controla con las instrucciones que recibe del ordenador, en concreto desde el software de DSLC, de manera que si la pieza ha sido válida se manda a los módulos la instrucción de que se active la salida que controla dicho marcador. Cuando se activa el funcionamiento del marcador, este baja hasta tocar la pieza, quedando así marcada con la pintura que contiene. Esta marca permite comprobar a los operarios que una pieza ya ha sido inspeccionada y seleccionada como válida, y proceder a su empaquetado.

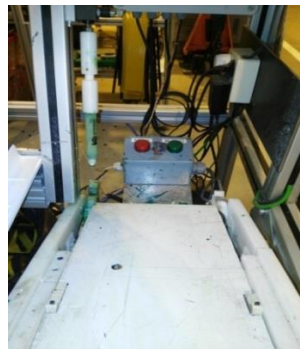


Fig4.10. Útil de marcado

Adecuación de un Sistema de Visión Artificial para control de calidad

Ainara Estaun Gabás

4.5. Presupuesto Sensor

Dado que el sistema disponible es una opción con la cual la empresa está muy satisfecha, se pretende utilizar el mismo sensor y software de aplicación.

Para ver si esto es posible, es necesario un contacto con el proveedor de dichos elementos, para consultar un presupuesto y la disponibilidad de los mismos.

Y una vez dada la aprobación de Tasubinsa, proceder a su pedido, para así empezar a montar el nuevo sistema en el cual se realizarán las pruebas, aplicaciones y funciones necesarias.

El presupuesto de los elementos de la casa IFM es el siguiente.

DETECTOR RECONOCIMIENTO DE OBJETOS	673.29 €
CONECTOR 2 MTS. PUR	23.20 €
CABLE DE PROGRAMACIÓN	32.72 €
SET DE FIJACIÓN	26.91 €
TOTAL	756.12 €

Tabla4.1. Presupuesto sensor

En cuanto al software de aplicación del sensor no es necesario, adquirir uno nuevo, ya que se trata de un software libre, del cual ya se dispone en el sistema instalado en la planta.

Capítulo 5. Instalación del equipo

Una vez adquirido el sensor, se procede a la instalación del equipo.

Habrà que tener en cuenta que en principio se realiza un prototipo, en unas condiciones que no serán iguales a si el sistema estuviera instalado en la planta.

Concretamente se instala en una habitación, que cuenta con una ventana y 4 módulos formados por 4 fluorescentes cada uno, que iluminan toda la sala.

Se realizan las pruebas en estas circunstancias, y se valora si es una buena opción para su implantación en planta o no. Si es así, habrá que tener en cuenta que lo más posible es que haya que modificar algunos parámetros al variar de entorno físico.

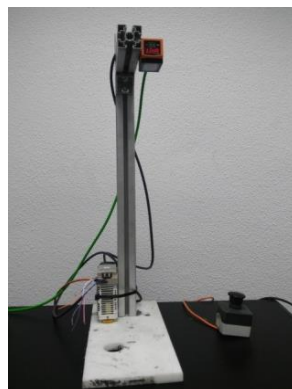


Fig5.1. Soporte sensor

El sensor se conecta al PC directamente a través del cable de parametrización y proceso (cable Ethernet, verde).

Mediante el otro cable (negro), se alimenta el sensor por los pines 1 y 3 del interfaz de proceso.

Este cable además, cuenta con unas entradas y salidas analógicas, las cuales como se comenta en el ANEXO A, en el equipo que ya disponía Tasubinsa no se hacen uso, sino que se ayudan de unos módulos que llevan a cabo las acciones de entrada (instrucción de sacar la foto) y salidas (instrucción de bajar el rotulador si la evaluación ha sido correcta).

Esto se hizo así porque el técnico de Tasubinsa que realizó esta labor, no conocía las posibilidades del sensor, pudiendo usar directamente los pines correspondientes del interfaz de proceso. De manera que creyó conveniente añadir unos módulos equipados con aislamiento y protección contra fallas para proporcionar un funcionamiento seguro,

Adecuación de un Sistema de Visión Artificial para control de calidad

Ainara Estaun Gabás

desde el punto de vista eléctrico, lo que hizo que la empresa DSLC adaptara su software para controlar las entradas y salidas mediante dichos módulos.

Para este proyecto si se hace uso de ellos, ya que facilita el poder controlar las entradas y salidas directamente sin necesidad de elementos intermedios.

Mediante el pin 2 de este interfaz se recoge el *trigger input*, señal de entrada que necesita 24 V para activarse y que comanda la señal de que se efectúe la captura de la imagen. Para esto se conecta un pulsador al cable correspondiente a dicho pin. De esta manera podemos realizar la foto y a continuación el correspondiente procesado, cada vez que activamos este pulsador. Más adelante si se considera necesario, se puede cambiar este pulsador por cualquier otro tipo elemento que realice la misma acción.



Fig5.2. Alimentación del sensor y pulsador.

Una vez instalado el software de aplicación del sensor en el PC, se procede a su ejecución.

Para que la conexión entre el PC y el sensor sea posible, ambos deben estar en la misma red. Para ello se cambia la configuración IP de ambos.

En el PC se lleva a cabo en conexión de área local, desde el panel de control. Se introduce la siguiente dirección IP, máscara de subred y puerta de enlace, proporcionadas por Tasubinsa:

Adecuación de un Sistema de Visión Artificial para control de calidad

Ainara Estaun Gabás

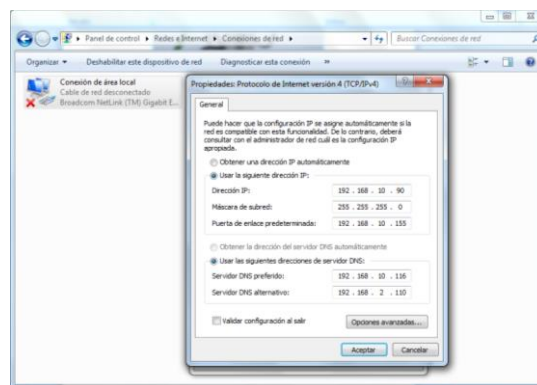


Fig5.3. Direcciones IP del PC

Por otro lado, se hace lo mismo con la dirección del sensor. Esta se cambia desde los ajustes del mismo, mediante los dos botones que dispone. Pulsando el botón MODE se busca la opción IP. Con el botón SET se selecciona.



Fig5.4. Configuración IP del sensor

Entonces aparece la IP dividida en 4 cifras.

La dirección que viene de fábrica, se cambia por la siguiente: 192.168.10.241.

Con esto ya se puede establecer la conexión.

Cada vez que se abre el software, se necesita buscar la conexión con el sensor. En el menú conexiones, se selecciona sensores y se buscan los sensores conectados al PC. Se selecciona el sensor concreto y se pulsa en conectar.

Adecuación de un Sistema de Visión Artificial para control de calidad

Ainara Estaun Gabás

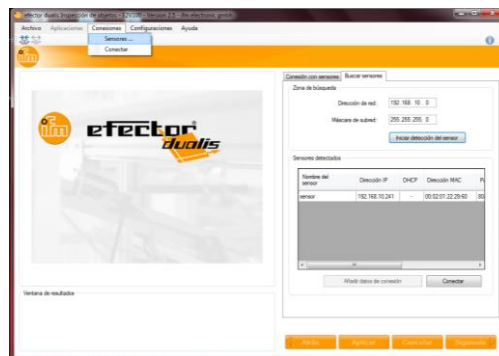


Fig5.5. Establecer conexión con el sensor

Una vez establecida la conexión, ya se puede hacer uso del software: crear aplicaciones que realizan el procesado, usar aplicaciones ya creadas o editarlas.

Para cada pieza será necesaria una aplicación diferente.

Lo normal será que con cada sensor se realice una única aplicación, ya que en cada puesto se realizan piezas diferentes y para cada una por tanto, se requerirán distintas condiciones para la inspección: distinta distancia del sensor a la pieza debido al tamaño de la misma, distinta iluminación debido al material de la pieza...

En este sensor de pruebas, se realizarán distintas aplicaciones para distintas piezas realizadas en las plantas de Tasubinsa, y ver si es posible y rentable la inspección de las mismas mediante este sistema.

Capítulo 6. Pruebas realizadas

A la hora de realizar las distintas aplicaciones (ver funcionamiento el software en ANEXO A), hay que tener en cuenta que la iluminación del entorno va a ser un punto muy importante, ya que pequeñas variaciones de luz darán lugar a cambios en la intensidad o nivel de gris de los píxeles, y eso afectará a las condiciones de umbralización que se hayan impuesto.

Las pruebas se realizan en una habitación, con ventanas. Los rayos de luz que puedan entrar por la ventana hacen variar considerablemente los píxeles de la imagen tomada, de manera que hay que tenerlo controlado. Y tener en cuenta por tanto, que si se decide implantar un sistema definitivamente en línea, habrá que modificar ciertos criterios por esto mismo. La iluminación no va a ser la misma, y los resultados varían notablemente.

6.1. PIEZA 1

La primera pieza proporcionada por Tasubinsa a inspeccionar se trata de un aeroprojector LED. El foco está formado por 75 leds colocados en una placa blanca, sujeta por 16 tornillos. Estos tornillos son los que interesa controlar.

La evaluación se da por buena si se detectan los 16 tornillos. Si por el contrario falta alguno no se da por válida.



Fig6.1. Foco aeroled

Para su inspección, se coloca el sensor a una altura, tal que el campo visual capte el objeto en su totalidad.

Adecuación de un Sistema de Visión Artificial para control de calidad

Ainara Estaun Gabás

Se arranca el programa y se crea una aplicación:

- Calidad de imagen:
 - Modo *trigger*: se selecciona *trigger* con flanco ascendente. De esta manera se capturará la imagen cuando se active el pulsador.
 - Iluminación: aquí surgen los primeros problemas con la pieza.

La placa blanca se trata de un material plástico muy brillante y reflectante, de manera que si activamos la iluminación interna del sensor, se refleja el destello enturbiando la imagen de la pieza.



Fig6.2. Imagen captada por el sensor con iluminación interna

El metal además también reflejará la luz que incida directamente. Por tanto eso también complicará la inspección de los tornillos que son de este material.

Otra opción sería desactivar la iluminación del sensor. Esto ayuda a que no haya reflejos, pero no deja de haber sombras, hecho que dará problemas con niveles de gris similares.

Una posibilidad de diferenciar si hay tornillo o no, puede ser mediante una comparación de áreas. Para captar el tornillo en su totalidad, es decir con niveles de gris similares, sin reflejos o sombras que pueden dar confusiones a la hora de seleccionar el tornillo, es necesaria una luz externa difusa, ya que es más suave y no genera sombras pronunciadas. Viene de todas las direcciones de manera que se crea la sensación de envolver el objeto. Así poder seleccionar el tornillo completamente y si el área es menor que un cierto valor, dar por hecho que no hay tornillo.

Para conseguir el efecto de una iluminación suave, que nos permita distinguir los tornillos del fondo, se añade una lámpara fluorescente, situada no directamente sobre la pieza, sino que incida la luz desde un

Adecuación de un Sistema de Visión Artificial para control de calidad

Ainara Estaun Gabás

lado, así se evitan los reflejos que enturbian la imagen, y se consigue distinguir la forma completa del tornillo.



Fig6.3. Imagen captada por el sensor con fluorescente y un tornillo sin colocar.

- Modo de integración: puede ser lineal o logarítmico. Este último obtiene la imagen con más detalles en las zonas con alta luminosidad y también en las sombras, por el contrario da un aspecto desaturado y poco contrastado. La pérdida de saturación no es un problema ya que el sensor capta la imagen en escala de grises.

Tras probar ambas opciones, se decide un modo de integración lineal ya que se obtiene una imagen más contrastada.

- Tiempo de exposición: afecta de tal manera que al aumentar el tiempo en ms, el nivel de gris de los pixeles más claros aumenta.

Se establece en este caso a 11.2 ms, un valor alto para elevar el nivel de gris de los pixeles más claros que forman el fondo, y así tener más contraste con el nivel de gris de los tornillos.

- Modelos:

Se realiza un modelo diferente para cada uno de los tornillos para así poder controlar y procesar cada uno de manera independiente.

Los tornillos se numeran según se ven en la imagen del sensor, como se muestra en la figura 6.4.

Sin embargo hay que tener en cuenta, que la imagen del sensor está invertida con respecto a cómo vemos la pieza nosotros. Por lo tanto, aunque en la imagen del sensor se vean los tornillos en una posición, en la realidad están en otra. Por ejemplo, el tornillo 1 en la imagen del sensor se observa en la esquina izquierda superior, sin embargo, ese tornillo según nuestra perspectiva real, se corresponde con el que está situado en la esquina derecha inferior.

Adecuación de un Sistema de Visión Artificial para control de calidad

Ainara Estaun Gabás

Esta apreciación es importante para detectar que tornillo es el que falta.

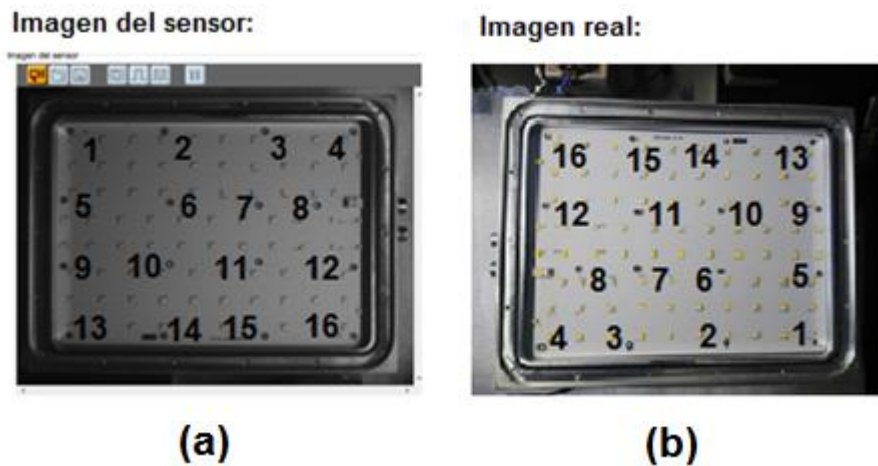


Fig6.4. Modelos en la imagen del sensor (a) y en la realidad (b).

- Segmentación:

Debido a que cada tornillo no recibe la misma intensidad de luz, los niveles de gris de cada uno en la imagen varían. De manera que se realiza una segmentación diferente para cada uno de ellos.

Todos los modelos tendrán una parte de la segmentación similar:

Se añade una zona, en forma de elipse y del tamaño mínimo que permite la aplicación, en la cual este contenido únicamente el tornillo sin ningún elemento más. Ya que el tamaño mínimo de elipse que permite la aplicación es algo más grande que el tamaño del tornillo, se añade un filtro para incluir solamente los objetos de más de 30 píxeles. Así se evita seleccionar pequeños puntos del fondo alrededor del tornillo.

Se añade otro filtro de relleno de agujeros menores de 30 píxeles. De esta manera se rellena el tornillo, sobretodo el punto blanco que aparece en el centro en algunos de los tornillos, y así seleccionarlo en su totalidad.

La parte que difiere para cada tornillo es la umbralización, pues como se ha comentado la iluminación de cada uno es diferente y por tanto los niveles de gris de los píxeles también.

Se seleccionan los píxeles que tengan un nivel de gris comprendido entre 0 y el límite superior siguiente para cada tornillo:

Adecuación de un Sistema de Visión Artificial para control de calidad

Ainara Estaun Gabás

	Tor. 1	Tor. 2	Tor. 3	Tor. 4	Tor. 5	Tor. 6	Tor. 7	Tor. 8
Lím. Inf	55	50	70	79	56	54	59	78

	Tor. 9	Tor. 10	Tor. 11	Tor. 12	Tor. 13	Tor. 14	Tor. 15	Tor. 16
Lím. Sup	63	56	67	82	52	60	67	96

Tabla6.1. Valores de umbral inferior y superior de cada tornillo

- Definición modelo:

El siguiente paso a la segmentación, es la definición de las características del objeto que van a ser evaluadas para definir si un modelo es válido o no.

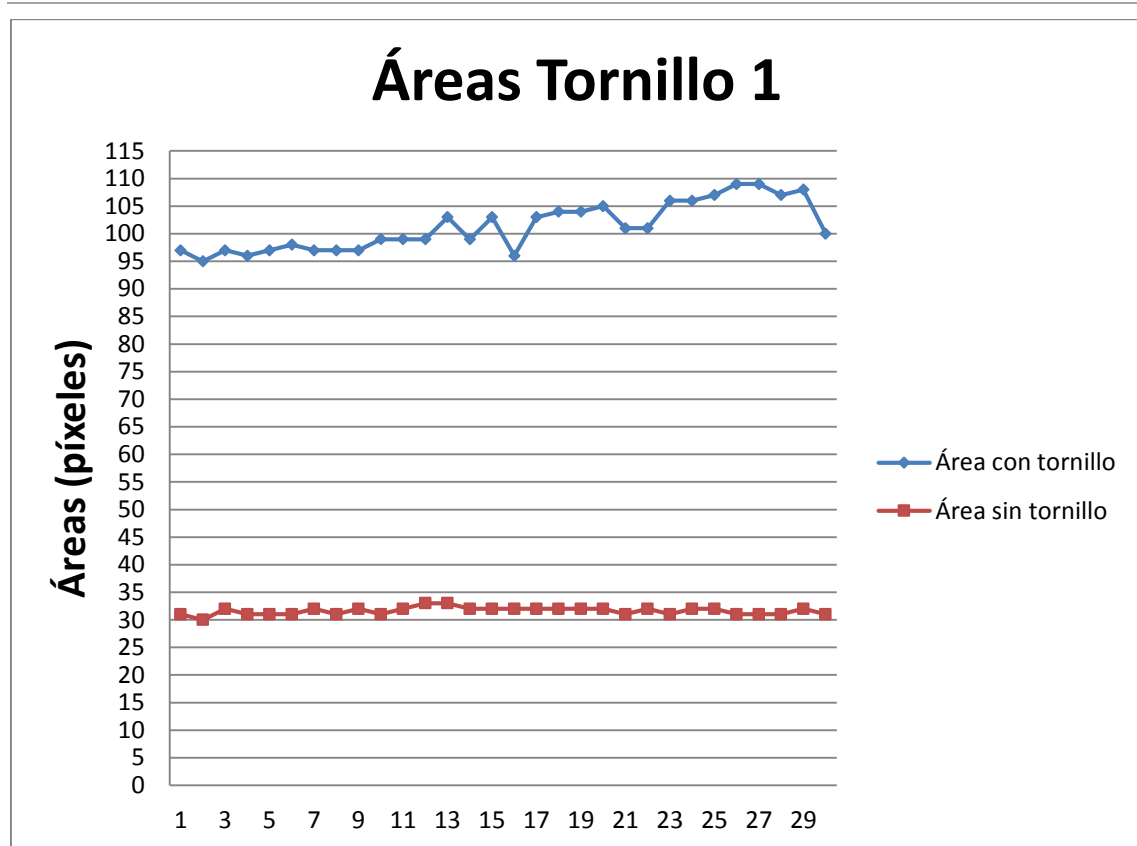
En este caso, se comprueban las áreas de cada uno de los tornillos.

Para poder definir un valor de área que sirva de umbral a partir del cual se distinga si el área obtenida es de un tornillo o de un hueco sin tornillo, se realizan 30 evaluaciones con cada tornillo, y otras 30 para cada hueco cuando no hay tornillo, para ver cuánto difieren las áreas de ambos casos para cada tornillo. (Ver Anexo B)

A la vista de los resultados obtenidos, se observa que si se puede establecer un valor de umbral a partir del cual se considere que el área es debida a que hay tornillo o a que no lo hay.

Adecuación de un Sistema de Visión Artificial para control de calidad

Ainara Estaun Gabás

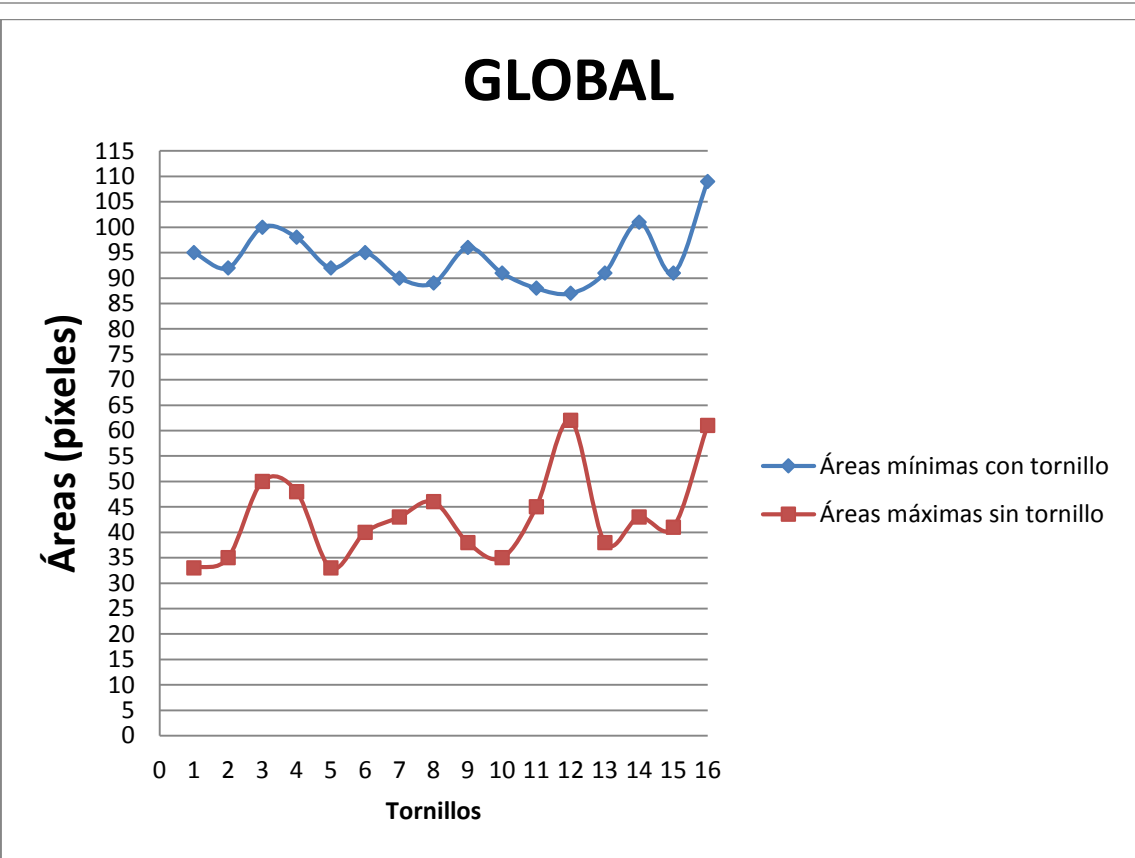


Gráfica6.1. Áreas con tornillo y sin tornillo del modelo tornillo 1 detectadas en cada evaluación.

Como ejemplo, se muestran los resultados del tornillo 1 en la gráfica, en la que se puede observar como las áreas con tornillo y sin tornillo son perfectamente separables. Así mismo, ocurre con el resto de tornillos.

Adecuación de un Sistema de Visión Artificial
para control de calidad

Ainara Estaun Gabás



Gráfica6.2. Áreas mínimas con tornillo y áreas máximas sin tornillo de todos los modelos.

Para calcular ese valor de umbral, se toma el valor mínimo de área con tornillo y el valor máximo de área sin tornillo y se hace una media de ambos. Ese es el valor que se establece como área mínima permitida para considerar el modelo como válido. Se repite el proceso para cada uno de los tornillos.

Las áreas mínimas, máximas y la media, la cual se aplica en la definición del modelo como área mínima para dar modelo por bueno, son las siguientes:

	MIN	MAX	MEDIA
Área con tornillo1	95	109	64
Área sin tornillo1	30	33	
Área con tornillo2	92	99	63,5
Área sin tornillo2	31	35	
Área con tornillo3	100	109	75
Área sin tornillo3	46	50	

Adecuación de un Sistema de Visión Artificial para control de calidad

Ainara Estaun Gabás

Área con tornillo4	98	109	73
Área sin tornillo4	42	48	
Área con tornillo5	92	105	62,5
Área sin tornillo5	0	33	
Área con tornillo6	95	102	67,5
Área sin tornillo6	33	40	
Área con tornillo7	90	95	66,5
Área sin tornillo7	38	43	
Área con tornillo8	89	95	67,5
Área sin tornillo8	38	46	
Área con tornillo9	96	106	67
Área sin tornillo9	34	38	
Área con tornillo10	91	96	63
Área sin tornillo10	31	35	
Área con tornillo11	88	96	66,5
Área sin tornillo11	38	45	
Área con tornillo12	87	108	74,5
Área sin tornillo12	57	62	
Área con tornillo13	91	106	64,5
Área sin tornillo13	30	38	
Área con tornillo14	101	107	72
Área sin tornillo14	38	43	
Área con tornillo15	91	95	66
Área sin tornillo15	37	41	
Área con tornillo16	109	115	85
Área sin tornillo16	57	61	

Tabla6.2. Áreas mínimas y máximas con tornillos y sin tornillos, y media que separa ambas situaciones

- Configuración E/S:

Se establecen las salidas de conmutación por el interfaz 1, activándose el pin 6 cuando todos los modelos hayan sido encontrados.

Por el interfaz 2, se envía la siguiente información:

- Texto de usuario: *start*.
- Salidas de conmutación: se muestra con un 0 las salidas inactivas y con un 1 las salidas activas. Cuando todos los modelos hayan sido

Adecuación de un Sistema de Visión Artificial para control de calidad

Ainara Estaun Gabás

encontrados, el pin 6 se activa, por tanto en el carácter correspondiente al pin 6 se pondrá a 1.

- Texto de usuario: ##. Para separar la información anterior de la siguiente.
- Número de objetos: se indica el número total de objetos detectados.

A partir de aquí se muestra la siguiente información para cada uno de los modelos:

- Texto de usuario: #.
- ID del modelo.
- Texto de usuario: #.
- Número de objetos adecuados: en ese modelo.

Para acabar la cadena:

- Texto de usuario: *stop*.

La cadena final que se transmite por este interfaz es:

```
0000start000100000000000000000000000000##0016#01#0001#02#0001#03#0001#04#0001#05#0001#06#0001#07#0001#08#0001#09#0001#10#0001#11#0001#12#001#13#0001#14#0001#15#0001#16#0001stop
```

Por último, se aplica que cuando el pin 6 del interfaz 1 esté activo, se muestre en el *Display* del sensor: *PASS*, y cuando no lo esté *FAIL*.

- Resultado final de la prueba:

Una vez creada la aplicación se procede a la evaluación de la pieza.

Cada uno de los modelos se identifica en el software de aplicación, coloreando el área del modelo de diferente color, de manera que si uno no es detectado, no aparece coloreado.

En la tabla de resultados se indica el número de objetos de cada modelo, en este caso tiene que detectarse un tornillo en cada uno. Si no se detecta tornillo aparece un 0 en objetos detectados, como se ve en la siguiente imagen, en la que falta el tornillo 2.

Adecuación de un Sistema de Visión Artificial para control de calidad

Ainara Estaun Gabás

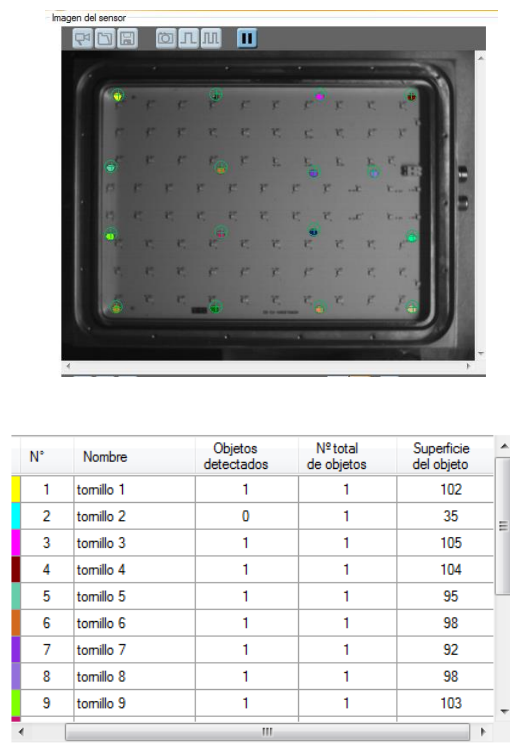


Fig6.5. Resultado de un test en el que falta el tornillo 2

- **Análisis de resultados:**

Para comprobar finalmente la precisión de la aplicación, se realizan 200 evaluaciones en el caso de que todos los tornillos estén bien colocados, y otras 208 evaluaciones en las cuales falta alguno de los tornillos.

En ambos casos se obtiene un 100% de piezas evaluadas correctamente.

Las áreas mínimas detectadas de los tornillos en las piezas buenas, varían en torno a los valores obtenidos en las pruebas previas. En algunos casos se obtienen áreas mínimas de unos píxeles por debajo, tan solo 3 o 4 píxeles menos.

Concretamente rondan valores alrededor de 90 y 100 y por mucho que varíen de una evaluación a otra, toman valores suficientemente alejados de los umbrales establecidos para dar la pieza por mala.

En el caso de los tornillos sin colocar sucede lo mismo. Las áreas de la zona sin tornillo, toman valores en torno a los detectados en las pruebas previas. De manera que los umbrales impuestos para establecer un criterio que diferencie si hay tornillo o no colocado, son lo suficientemente robustos como para que funcione continuamente la aplicación, siempre que se use en las mismas condiciones.

Adecuación de un Sistema de Visión Artificial para control de calidad

Ainara Estaun Gabás

6.2. PIEZA 2

La siguiente pieza se trata de una carcasa en la que va situado un ventilador de EBMPAPST para frigoríficos de BSH.

La pieza es de plástico blanco no reflectante en la que los operarios deben colocar una serie de trozos de goma espuma negra en la posición que corresponde.

Habrán 5 pequeñas esponjas en forma de cuadrado, dos tiras a los lados del motor, y una banda larga en un extremo, quedando de la siguiente manera:

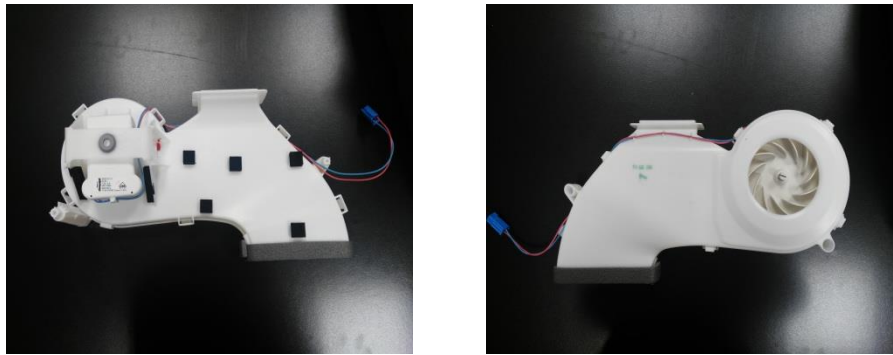


Fig6.6. Ventilador EBMPAPST

La validación se dará por buena si todas las esponjas están situadas en la posición correcta.

Se crea una nueva aplicación en el software que realice este objetivo.

- Calidad de imagen:
 - Modo *trigger*: se selecciona *trigger* con flanco ascendente. De esta manera se tomará la foto cuando se active el pulsador.
 - Iluminación: se activa la iluminación interna del sensor. Ya que el material plástico no es muy reflectante no dará problemas de brillos excesivos.
 - Modo de integración: tras probar ambas opciones, lineal y logarítmico, se decide un modo de integración logarítmico ya que se obtiene una imagen más uniforme.

Adecuación de un Sistema de Visión Artificial para control de calidad

Ainara Estaun Gabás

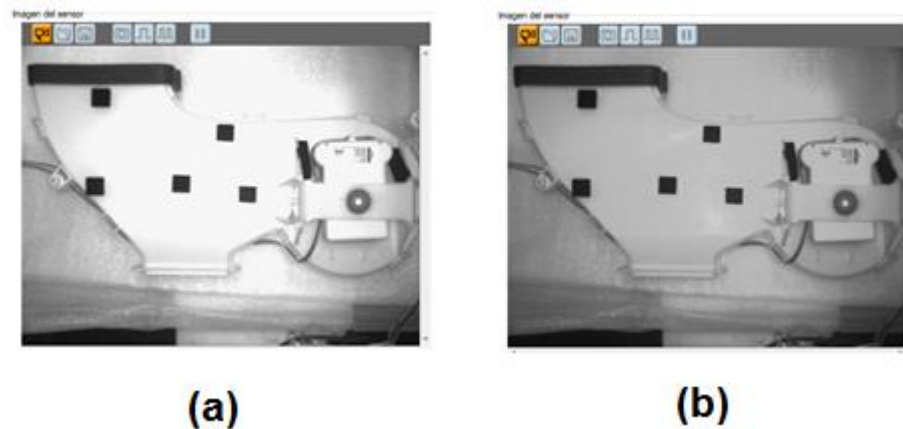


Fig6.7. Modo lineal (a), modo logarítmico (b)

- Tiempo de exposición: se establece a 5.3 ms, suficiente para una buena imagen.
- Modelos:

Se realizará un modelo diferente para las distintas esponjas. Tras barajar varias opciones de que elementos formarían parte de cada modelo, se prueba que cada esponja sea un modelo independiente, para así poder controlar mejor cual es la que falla en caso de que así fuera.

En cada modelo se incluyen las siguientes esponjas:

Un modelo que contenga la banda larga, un modelo para cada uno de los 5 cuadrados similares y un modelo para cada una de las dos bandas que hay a ambos lados del motor.



Fig6.8. Modelos creados

Adecuación de un Sistema de Visión Artificial para control de calidad

Ainara Estaun Gabás

- Segmentación:

Se aplica una segmentación diferente para cada modelo.

- Banda larga: los niveles de gris de los pixeles de esta banda van entre 30 y 90. Los más altos son minoría.

Se umbraliza la imagen seleccionando en el histograma los niveles de gris entre 30 y 90. Todos los pixeles de la imagen que tengan un nivel de gris comprendido entre estos valores serán seleccionados, sino no.

El resultado es el siguiente. Los pixeles verdes son los que cumplen la condición:

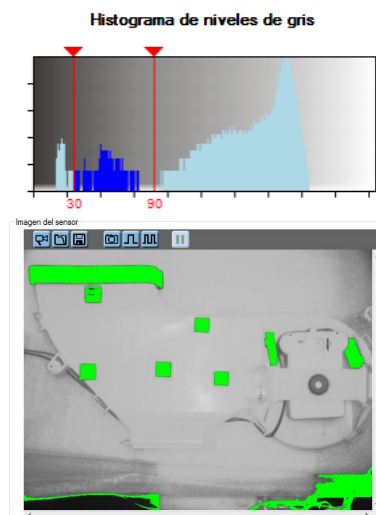


Fig6.9. Pixeles comprendidos entre niveles de gris de 30 a 90.

Como en este modelo solo queremos centrarnos en la banda larga, mediante la opción zonas, marcamos el área que se quiere inspeccionar. Una zona será un rectángulo a lo largo de la banda y otra una elipse en un punto un poco más crítico, donde se junta el inicio y el final de la banda, de manera que este contenida en su totalidad dentro de la banda, de esta manera, si la colocación de la banda es correcta, debe detectarse el área total de la elipse (se puede ver en el resultado final).

Además en la opción de filtros, se añade un relleno de agujeros (de 250 pixeles); de esta manera se añadirán aquellos pixeles en el interior del objeto (el rectángulo) que no habían sido seleccionados porque estaban fuera del rango de binarización.

El resultado final es el siguiente, una superficie total de 4575 pixeles, 4242 pixeles de rectángulo y 333 pixeles de elipse:

Adecuación de un Sistema de Visión Artificial para control de calidad

Ainara Estaun Gabás



Fig6.10. Superficie total del modelo Banda larga

- Cuadrados (Cuadrado 1, Cuadrado 2, Cuadrado 3, Cuadrado 4, Cuadrado 5): para situar el cuadrado de esponja en la posición correcta, en la pieza de plástico hay unas marcas inyectadas que lo indican, sin embargo para uno de los cuadrados no las hay. Este cuadrado es el que se ha numerado como cuatro, de manera que para este se dejará un margen mayor de posicionamiento y de error.

Se realiza una segmentación para cada cuadrado, ya que se ha creado un modelo para cada uno (cuadrado 1, cuadrado 2, cuadrado 3, cuadrado 4, cuadrado 5). Para los cuadrados 1, 2, 3 y 5 se establecen los mismos parámetros en la segmentación. Los niveles de gris de los distintos cuadrados, en conjunto oscilan entre 21 y 78, de manera que se realiza una umbralización entre esos valores.

En cada modelo de los cuadrados comentados se añadirá una zona de un rectángulo contenido en el cuadrado que compone dicho modelo, el tamaño mínimo de rectángulo al crear una zona es de 441 píxeles de superficie. Así que es ese el tamaño utilizado.

Para el cuadrado 4, se crea un rectángulo más amplio, porque como se ha comentado no hay marcas inyectadas en la pieza. En este caso el rectángulo contiene al cuadrado de esponja entero, de manera que se tendrá en cuenta el área total del cuadrado que es de 623 píxeles.

Adecuación de un Sistema de Visión Artificial para control de calidad

Ainara Estaun Gabás

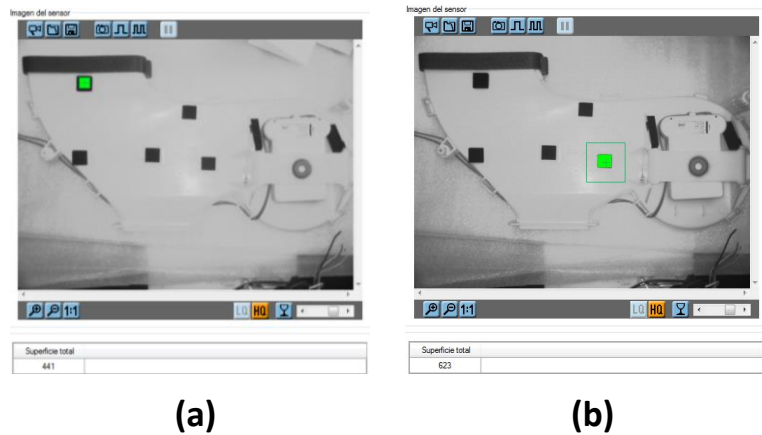


Fig6.11. Superficie total modelo Cuadrado 1, similar a los modelos Cuadrado 2, 3 y 5, (a). Superficie del Cuadrado 4, (b).

- Bandas motor: tanto el modelo Banda 1 motor como el modelo Banda 2 motor, tendrán las mismas características en la segmentación, solo que en cada modelo se marca una banda diferente. Estas bandas no tienen una forma tan clara en la imagen, debido a la posición respecto del sensor y la perspectiva que se tiene de ellas, pero nos guiaremos por el nivel de gris para ver si hay o no hay banda colocada.

La umbralización es este caso se hace con los pixeles comprendidos entre 22 y 70.

Para cada uno de los dos modelos se incluyen dos zonas con forma rectangular. Cada zona irá en un extremo de la banda, de esta manera, si no se detecta objeto en las dos zonas, la pieza se da por mala.



Fig6.12. Número de objetos del modelo Banda 1 motor, similar al modelo Banda 2 motor

Adecuación de un Sistema de Visión Artificial para control de calidad

Ainara Estaun Gabás

- Definición modelo:

Se buscan las condiciones para dar por válido un modelo o no.

Las condiciones definitivas se establecen después de realizar una serie de pruebas.

- Banda larga: Las características que se comprobarán en este caso son la superficie total, dejando un error de ± 100 píxeles, de manera que si el área detectada no está entre 4475 y 4675 píxeles, el modelo no se dará por bueno. Otra condición que debe cumplirse es que el número de objetos detectados sea dos, ya que se han diferenciado dos zonas en la misma banda.
- Cuadrados (Cuadrado 1, Cuadrado 2, Cuadrado 3, Cuadrado 4, Cuadrado 5): se comprobará la superficie total del modelo. Para los Cuadrados 1, 2, 3 y 5, como la superficie total detectada de cada cuadrado es de 441 píxeles, en estos casos solo se va a dejar un error de ± 5 píxeles, es decir, se comprueba que la superficie detectada este comprendida entre 436 y 446 ya que ya se ha dejado también cierto margen haciendo el rectángulo de la zona algo más pequeño que el trozo de esponja.

Para el caso del Cuadrado 4, marcando la zona con un rectángulo de tamaño superior al trozo de esponja hace que se seleccione todo el cuadrado. Como los bordes no se seleccionan de manera muy precisa, la superficie varía bastante de una prueba a otra, por tanto se deja un margen de error más grande en la superficie. Tras realizar varias pruebas se obtiene un valor mínimo de superficie de 576 píxeles y un valor máximo de 601 píxeles, así que para prevenir, se establece un margen de error de ± 20 píxeles para esos valores mínimo y máximo. La superficie para que sea válido este modelo tiene que estar entre 556 y 621 píxeles.

- Bandas motor (Banda 1 motor y Banda 2 motor): como se ha comentado, el análisis de estos objetos se realiza contando el número de objetos detectados en las zonas marcadas como rectángulos. Se darán por válidos los modelos si en cada banda se detecta 2 objetos.

- Configuración E/S:

Se establecen las salidas de conmutación por el interfaz 1, activándose el pin 6 cuando todos los modelos hayan sido encontrados.

Por el interfaz 2, se envía la siguiente información:

- Texto de usuario: *start*.

Adecuación de un Sistema de Visión Artificial para control de calidad

Ainara Estaun Gabás

-
- Salidas de conmutación: se muestra con un 0 las salidas inactivas y con un 1 las salidas activas. Cuando todos los modelos hayan sido encontrados, el pin 6 se activa, por tanto en el carácter correspondiente al pin 6 se pondrá a 1.
 - Texto de usuario: ##. Para separar la información anterior de la siguiente.
 - Número de objetos: se indica el número total de objetos detectados.

A partir de aquí se muestra la siguiente información para cada uno de los modelos:

- Texto de usuario: #.
- ID del modelo.
- Texto de usuario: #.
- Número de objetos adecuados: en ese modelo.

Para acabar la cadena:

- Texto de usuario: *stop*.

La cadena final que se transmite por este interfaz es:

0000start00010000000000000000000000000000##0011#01#0002#02#0001#03#0001#04#0001#05#0001#06#0001#07#0002#08#0002stop

Por último, se aplica que cuando el pin 6 del interfaz 1 esté activo, se muestre en el *Display* del sensor: *PASS*, y cuando no lo este *FAIL*.

Adecuación de un Sistema de Visión Artificial para control de calidad

Ainara Estaun Gabás

- Resultado final de la prueba: Si todo está bien colocado el resultado es el siguiente:

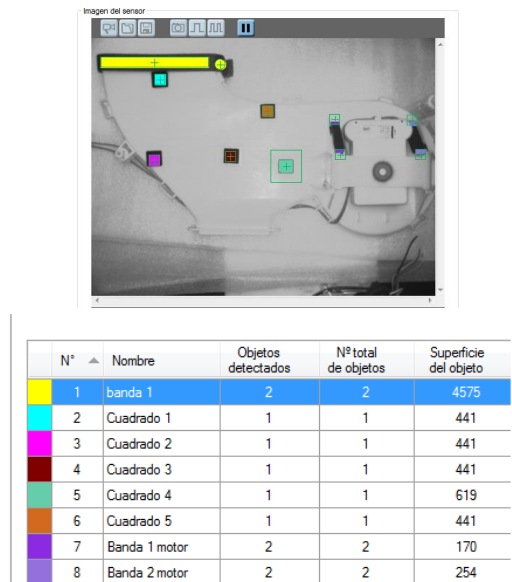


Fig6.13. Todos los modelos detectados

Análisis de resultados: para realizar una evaluación de si la aplicación en esta pieza puede ser rentable o no, se van a realizar una serie de pruebas con piezas buenas y piezas malas. Se contabiliza cuantas piezas se han dado como válidas y cuantas como no válidas, en caso de que la pieza si esté bien. Se repite el proceso en caso de que la pieza no esté bien, contando cuantas da por malas y cuantas ha dado por buenas cuando no tenía que dar. De esta manera la empresa puede hacer una evaluación de si el sistema es lo suficiente robusto como necesitan.

EVALUACIÓN DE PIEZAS BUENAS:

Se realizan 250 pruebas con todas las bandas en su posición correctamente.

Se obtiene que el 100% de los casos se detectan correctamente como piezas válidas.

EVALUACIÓN DE PIEZAS MALAS:

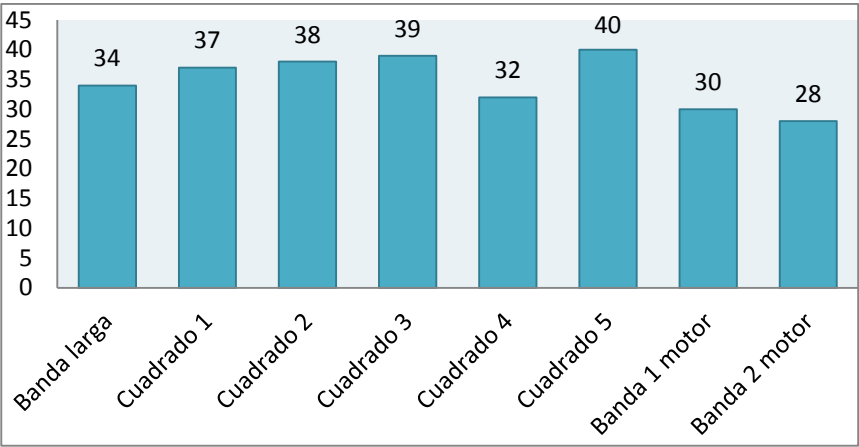
Se realizan un total de 320 pruebas, con alguna de las esponjas mal colocada. La evaluación en este caso debe darse por inválida, sin embargo hay algunas posiciones que se dan por correctas cuando no tendría que ser así.

En cada una de las 320 pruebas totales, se coloca una esponja de un modelo mal, siendo en total 40 posiciones malas para cada modelo, ya que en total son 8 modelos.

El resultado obtenido es el siguiente:

Adecuación de un Sistema de Visión Artificial para control de calidad

Ainara Estaun Gabás



Gráfica6.3. Resultados NOK con piezas malas

A la vista de los resultados, la esponja llamada Cuadrado 5, no ha dado ningún problema, se detecta correctamente que las 40 pruebas, con distintas posiciones incorrectas, no se deben dar por evaluaciones válidas.

Por el contrario, las esponjas que más hacen fallar, son las situadas a ambos lados del motor.

	Total resultados NOK	Total resultados OK	% aciertos
Banda Larga	34	6	85%
Cuadrado 1	37	3	93%
Cuadrado 2	38	2	95%
Cuadrado 3	39	1	98%
Cuadrado 4	32	8	80%
Cuadrado 5	40	0	100%
Banda 1 motor	30	10	75%
Banda 2 motor	28	12	70%

Tabla6.3. Total resultados OK y NOK de cada modelo

Analizando una a una:

- Banda larga: los casos en los que se da por buena la colocación de la banda larga, es debido a las esquinas. En las pruebas realizadas se trataba de casos en los que se colocaba la banda un poco más abajo en la esquina. Como la zona marcada para la evaluación no llega hasta la esquina, el

Adecuación de un Sistema de Visión Artificial para control de calidad

Ainara Estaun Gabás

área que se deja de detectar en el rectángulo es tan pequeña, que sí detecta banda colocada y la da por buena.

Ese error es a penas importante ya que se permiten unos mm de error. Lo importante es que la banda este colocada en la zona.

- Cuadrado 1, Cuadrado 2, Cuadrado 3, Cuadrado 5: el principal problema de estos trozos de esponja, es su orientación. Si en vez de rectos, como se ha visto en las imágenes de la pieza, se colocan girados, el área de la zona del rectángulo puede que sea la misma, y por tanto se dan por válidos.

Para intentar solucionar este problema, se prueba a incluir una condición nueva en la definición del modelo. Esta condición observa una nueva característica del objeto, la rectangularidad. Tras su puesta en práctica, no se obtienen mejoras, ya que por mucho que se gire el trozo de esponja, sigue teniendo la misma rectangularidad, por tanto esta característica no sirve para solucionar este problema. La aplicación no dispone de ninguna característica a evaluar que nos proporcione la información necesaria para resolver este problema, de manera que si se quiere ser más precisos, la solución será, incluir una zona de rectángulo del tamaño exacto del cuadrado y establecer un rango de error en la superficie del objeto muy pequeño, de esta manera si varía la posición, el área será menor y se dará por mala.

Para comprobar si se solucionaría el problema, se procede a modificar la aplicación, y probar en los casos que anteriormente daba fallo, para ver si así se han corregido.

El intento resulta fallido ya que nos encontramos con un problema de superficies. La superficie detectada del cuadrado no es siempre la misma, de manera que no se puede establecer un rango muy restrictivo, porque entonces las piezas que tendrían que darse por buenas, se pueden dar por malas y viceversa. De manera que surge un nuevo problema que es estropear lo que funcionaba bien. Para verlo más claramente, por ejemplo con el Cuadrado 1, se añade una zona del mismo tamaño que el cuadrado, que contiene el cuadrado en su totalidad. La superficie de este objeto detecta que es de 776 pixeles. La misión es buscar un valor mínimo de superficie que marque la diferencia entre una posición correcta y una incorrecta, pero el problema es que puede darse el caso de que siendo la posición correcta de un cuadrado, la superficie de este sea menor que la

Adecuación de un Sistema de Visión Artificial para control de calidad

Ainara Estaun Gabás

superficie de un cuadrado mal posicionado, como se ve en el ejemplo siguiente:

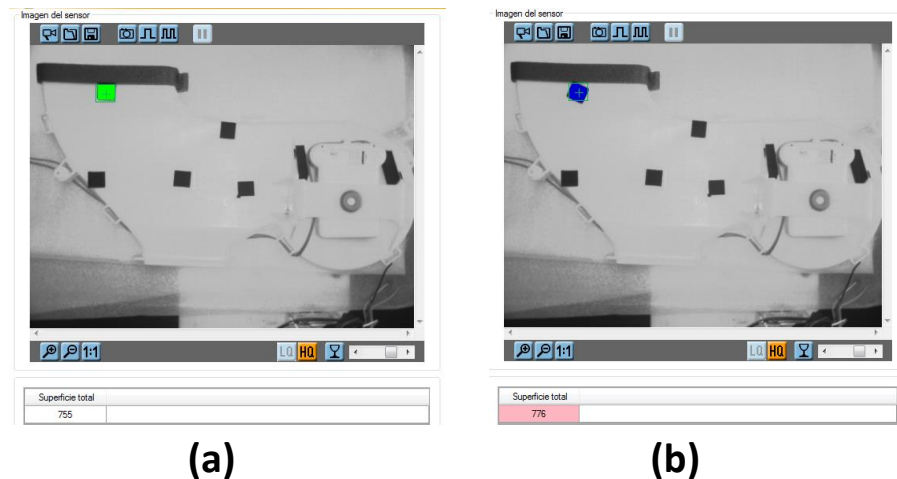


Fig6.14. Superficies del Cuadrado1 bien colocado (a) y mal colocado (b)

En la imagen de la izquierda, la pieza está colocada correctamente, detectándose una superficie total de 755 píxeles.

Sin embargo en la imagen de la derecha, la pieza está mal colocada y se detecta una superficie mayor de 776 píxeles. Por tanto un mínimo por debajo de 755 píxeles de superficie daría por buena la pieza buena, pero daría también por buena la pieza mala. Si por el contrario se pusiera un mínimo por encima de 776, para que la pieza mala se dé por inválida, la pieza buena estará fuera de ese rango también y se dará por mala también.

Por tanto no arreglamos el problema que teníamos, y empeoramos más la situación, estropeando la correcta detección de las piezas buenas.

- Cuadrado 4: Esta es una de las piezas más difícil de controlar a la hora de establecer un criterio, ya que no hay una posición exacta marcada en la pieza. El operario la coloca más o menos en la posición adecuada. Por eso se deja más margen de error.

El problema que nos volvemos a encontrar en este caso, es la orientación del cuadrado. Si el cuadrado está en una posición girada, con respecto a la que consideramos recta (imágenes de piezas buenas), la aplicación no es capaz de detectar esta característica, y la pieza se da por buena. Es el caso del 20 % de errores que se han obtenido al realizar esta pieza.

Adecuación de un Sistema de Visión Artificial para control de calidad

Ainara Estaun Gabás

- Banda 1 motor y Banda 2 motor: sin duda estas son las partes más problemáticas, y esto es debido a la posición en la que están colocadas. El resto de piezas están situadas en un plano paralelo al sensor, sin embargo estas dos bandas lo están en un plano perpendicular al sensor, de manera que lo que captamos es una vista de la planta, cuando sería importante también ver cómo está posicionada de perfil.

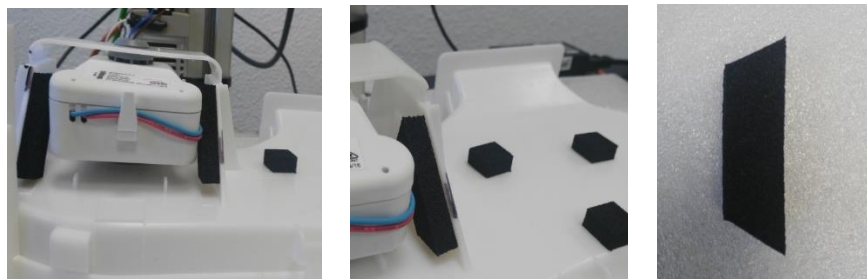


Fig6.15. Bandas problemáticas

Si la banda está colocada más arriba, la aplicación lo detecta fácilmente, ya que desde su perspectiva, la banda también se desplaza, sin embargo hay otros casos, que son los que hacen fallar a la aplicación, ya que el sensor sigue detectando la banda, porque capta la planta de la misma. Viéndolo con algunos ejemplos:

Si la banda se colocara de la siguiente manera, totalmente horizontal al plano del sensor, cuando tiene que estar vertical al mismo, el sensor capta lo siguiente:

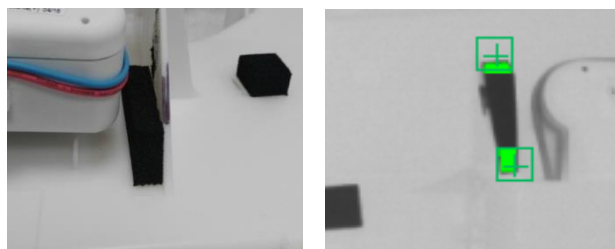


Fig6.16. Banda mal puesta detectada como válida

Así que detecta que hay banda colocada y la da por buena. El problema es que no está colocada correctamente, pero para la perspectiva del sensor si lo está.

Adecuación de un Sistema de Visión Artificial para control de calidad

Ainara Estaun Gabás

Lo mismo pasa si por ejemplo la banda se coloca de tal forma que sobresalga de la pieza:



Fig6.17. Banda mal colocada

De la misma manera, la perspectiva de la planta que el sensor capta de la pieza, detecta que efectivamente hay una banda colocada.

Tras comentar los resultados con Tasubinsa, se me dan a conocer los principales problemas que tenían los operarios con esta pieza.

El mayor problema es que a veces se olvidan de colocar alguna de las bandas. No lo es tanto la situación y orientación de las mismas, ya que esto lo realizan sin problemas.

Urge más la necesidad de que estén colocadas todas las esponjas, a que haya una que esté ligeramente torcida.

El mayor problema como se ha visto está en colocar correctamente las bandas del motor, sin embargo, esta tarea los operarios la realizan adecuadamente ayudándose de los medios necesarios. El problema por tanto se reduce a que se detecte si está la banda colocada o no.

La aplicación creada por tanto es capaz de detectar si están todas las bandas de esponja colocadas. No lo es al 100% de detectar si la pieza está orientada correctamente. Por tanto la empresa Tasubinsa tendrá que valorar si esta precisión es suficiente para sus expectativas.

Adecuación de un Sistema de Visión Artificial para control de calidad

Ainara Estaun Gabás

6.3. PIEZA 3

En la siguiente aplicación, se evalúa la siguiente pieza:



Fig6.18. Pieza de uno de los frigoríficos de BSH

Se trata de una barra metálica en la que se colocan 2 tornillos en ambos extremos. Los de un extremo van cubiertos con una tapa de plástico, mientras que los del otro extremo no. Para saber que tornillos son los que hay que tapar, se puede ver como en uno de los extremos hay un agujero en forma de círculo. Los tornillos que están en ese lado son los que no hay que tapar.

Como sólo es el extremo de la pieza el que se va a evaluar, se coloca el sensor a una distancia tal que se capten los elementos a evaluar adecuadamente.

Por lo tanto la aplicación tiene que evaluar si están tapados los tornillos del extremo correcto.

Se repiten los pasos para crear una nueva aplicación.

- Calidad de imagen:
 - Modo *trigger*: se selecciona *trigger* con flanco ascendente. De esta manera se tomará la foto cuando se active el pulsador.
 - Iluminación: la iluminación interna del sensor se desactiva y no se añade ningún tipo de iluminación externa. Es suficiente con la luz de ambiente.
 - Modo de integración: se selecciona modo lineal para tener mayor contraste entre el fondo y el tornillo en caso de estar destapado.
 - Tiempo de exposición: se establece a 5.4 ms, suficiente para una buena imagen.

- Modelos:

Se establecen 3 objetos a evaluar, los dos tornillos y la zona en la que va situado el agujero.

Adecuación de un Sistema de Visión Artificial para control de calidad

Ainara Estaun Gabás

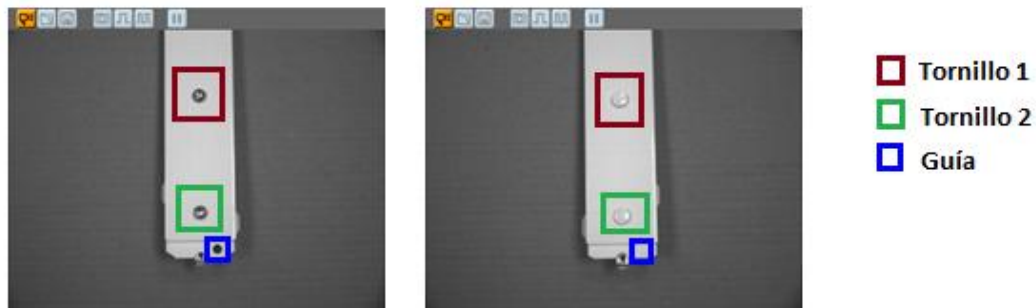


Fig6.19. Modelos de la pieza

Como se ha comentado, los tornillos que se deben detectar tapados, son los que están en el extremo en el que en el modelo llamado Guía no hay agujero.

Si por lo contrario el operario se confunde y tapa los tornillos del extremo en el que en el modelo llamado Guía si hay agujero, se debe dar por mala la pieza.

- Segmentación:

A priori se barajan dos posibilidades para realizar la evaluación. La primera mediante áreas, de manera que se realice una umbralización de la zona en la que está situada el tornillo. Con los valores de umbralización se seleccionan los píxeles más claros, así al calcular el área de la zona, si el tornillo está tapado, al ser la tapa de color blanco, tendrá un área mayor que si el tornillo no está tapado, ya que el tornillo está formado por píxeles más oscuros los cuales se desechan con la umbralización realizada.

La segunda opción se realiza mediante la comparación de niveles de gris mínimos. En este caso no es necesario realizar ninguna umbralización, ya que se quiere obtener el nivel de gris de cada uno de los píxeles. Los tornillos destapados están formados por los píxeles más oscuros de la imagen, de manera que el nivel de gris mínimo detectado cuando el tornillo está destapado es mucho menor que el nivel de gris mínimo del tornillo cuando está tapado.

Para comprobar si una opción es mejor que la otra, se realizan las dos segmentaciones para posteriormente realizar unas primeras pruebas y decantarse por una.

Adecuación de un Sistema de Visión Artificial para control de calidad

Ainara Estaun Gabás

➤ Segmentación por áreas:

En este caso se añade una zona en forma de cuadrado, la cual contiene al tornillo. Como se ha comentado se aplica una umbralización, para seleccionar en la imagen los píxeles con niveles de gris correspondientes a cuando el tornillo está tapado. Todos los píxeles de la zona tienen niveles de gris altos, de manera que se establecen los umbrales de umbralización (143-255) de manera que se seleccionen todos los píxeles, como se puede ver en el histograma.

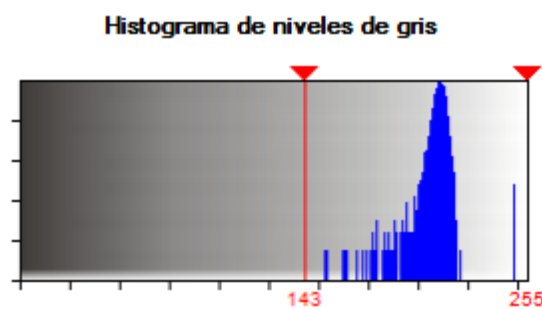


Fig6.20. Histograma de la zona del tornillo tapado

Con esta segmentación se consigue que cuando el tornillo está destapado, al estar formado por píxeles con niveles de gris más oscuros, por debajo del umbral mínimo establecido, el área seleccionada es menor.

La diferencia se puede apreciar en la siguiente imagen, en la que se puede ver en color azul, aquellos píxeles dentro del umbral.



Fig6.21. Áreas detectas con tornillo tapado y tornillo destapado

En la imagen de la izquierda el área de la zona detectada es de 3600 píxeles mientras que en la imagen de la derecha el área es de 3245 píxeles.

Adecuación de un Sistema de Visión Artificial para control de calidad

Ainara Estaun Gabás

➤ Segmentación por niveles de gris mínimo:

Se vuelve a añadir una zona en forma de cuadrado, la cual contiene al tornillo.

Ya que el tornillo está formado por píxeles con niveles de gris bajos y el resto de píxeles de la zona por niveles altos, en el histograma en este caso se observa como los píxeles tienen una distribución más uniforme. Por lo tanto, se seleccionan todos los píxeles, desde niveles de gris de 0 hasta 255. Así que, cuando el tornillo está destapado, el nivel de gris mínimo detectado toma valores alrededor de 60, mientras que si está tapado, el nivel de gris mínimo toma valores en torno a 140.

Para ver con cuál de las dos opciones se puede establecer un criterio mejor se realizan 30 evaluaciones para cada caso, para ver en torno a que valores se obtienen las áreas y los niveles de gris mínimos. (Ver ANEXO C)

En el caso de evaluar áreas, hay que tener en cuenta que para encontrar un límite que diferencie si el tornillo está tapado o no, interesa el área máxima detectada de la zona cuando el tornillo no está tapado, y el área mínima detectada de la zona cuando el tornillo está tapado.

Sí por el contrario, se evalúa el nivel de gris mínimo, para encontrar un límite que diferencie las evaluaciones buenas de las malas, hay que fijarse en el valor máximo de nivel de gris mínimo detectado cuando el tornillo está destapado y el valor mínimo de nivel de gris mínimo detectado cuando el tornillo está tapado.

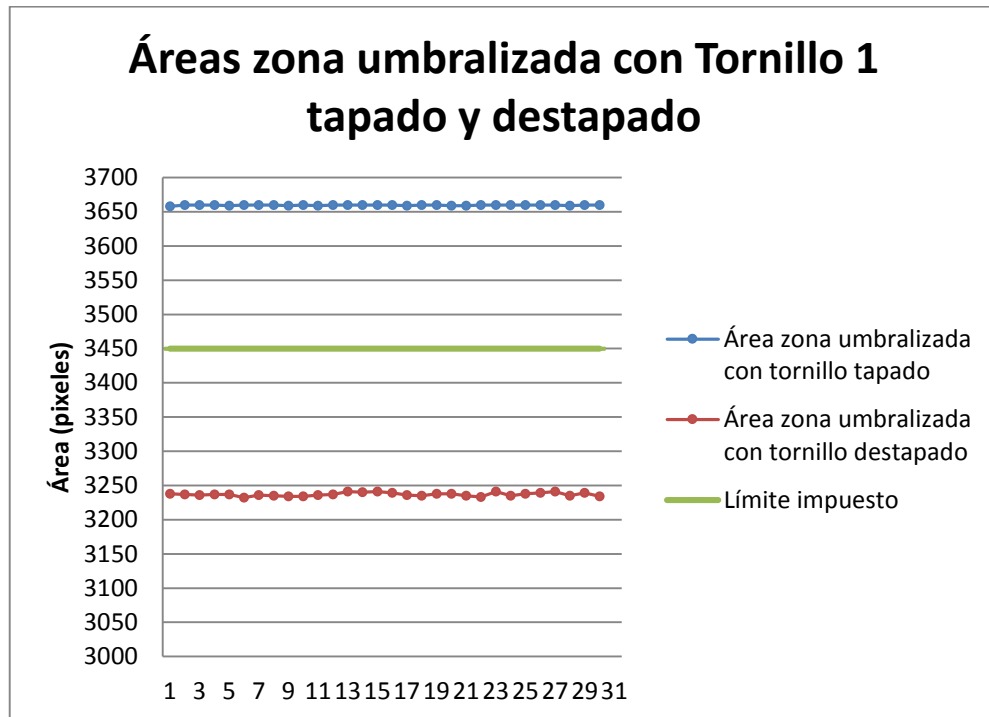
Analizando los resultados obtenidos, se puede comprobar que para ambos casos es posible establecer un límite que sirve para diferenciar si la pieza es correcta o no.

Adecuación de un Sistema de Visión Artificial para control de calidad

Ainara Estaun Gabás

Como se puede ver por ejemplo en las gráficas para el Tornillo 1:

➤ ÁREAS:



Gráfica6.4. Diferencia áreas zona con Tornillo 1 tapado y destapado

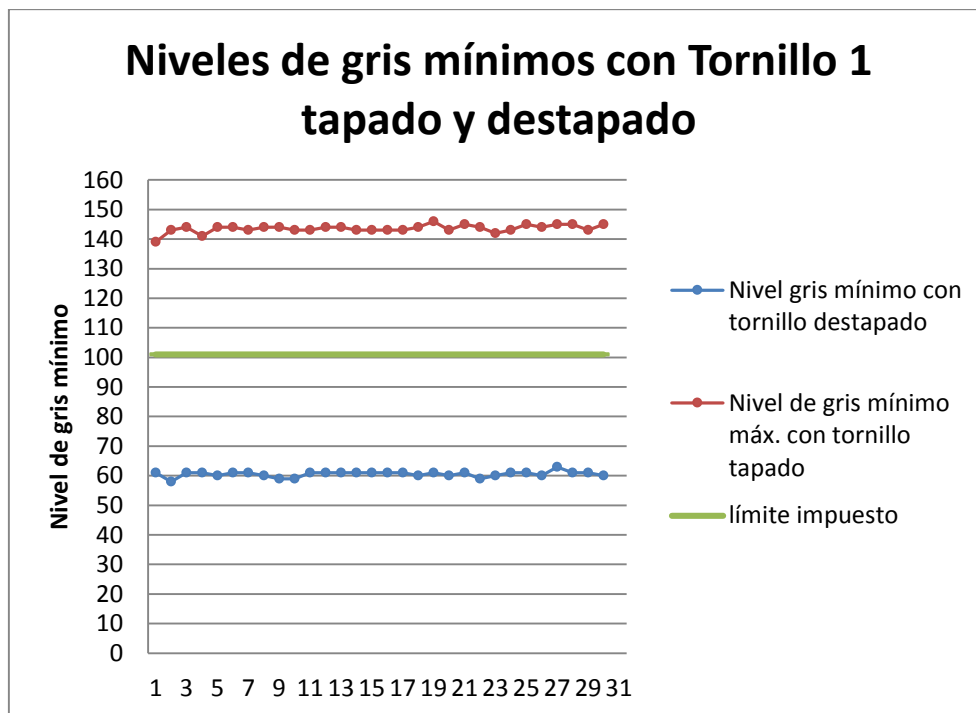
El área máxima de la zona detectada cuando el tornillo está destapado es de 3241 píxeles, mientras que el área mínima detectada cuando el tornillo está tapado es de 3658 píxeles, así que se puede establecer un límite para separar ambos casos, por ejemplo tomando el valor medio de los dos que es 3450 píxeles.

Con el tornillo 2 se obtienen resultados de forma similar. El área máxima de la zona detectada cuando el tornillo está destapado es de 3161 píxeles, mientras que el área mínima detectada cuando el tornillo está tapado es de 3597 píxeles, así que se puede establecer un límite tomando el valor medio de ambos de 3379 píxeles.

Adecuación de un Sistema de Visión Artificial para control de calidad

Ainara Estaun Gabás

➤ NIVELES DE GRIS:



Gráfica6.5. Diferencia nivel de gris mínimo con Tornillo 1 tapado y destapado

El máximo nivel de gris mínimo obtenido para el tornillo destapado es de 63, mientras que el mínimo nivel de gris mínimo obtenido para el tornillo tapado es de 139, así que se puede establecer un límite para separar ambos casos, por ejemplo tomando el valor medio de los dos que es 101.

En el Tornillo 2 se observan resultados similares. El máximo nivel de gris mínimo obtenido para el tornillo destapado es de 69, mientras que el mínimo nivel de gris mínimo obtenido para el tornillo tapado es de 148, por lo que se puede establecer el límite con un valor de 109.

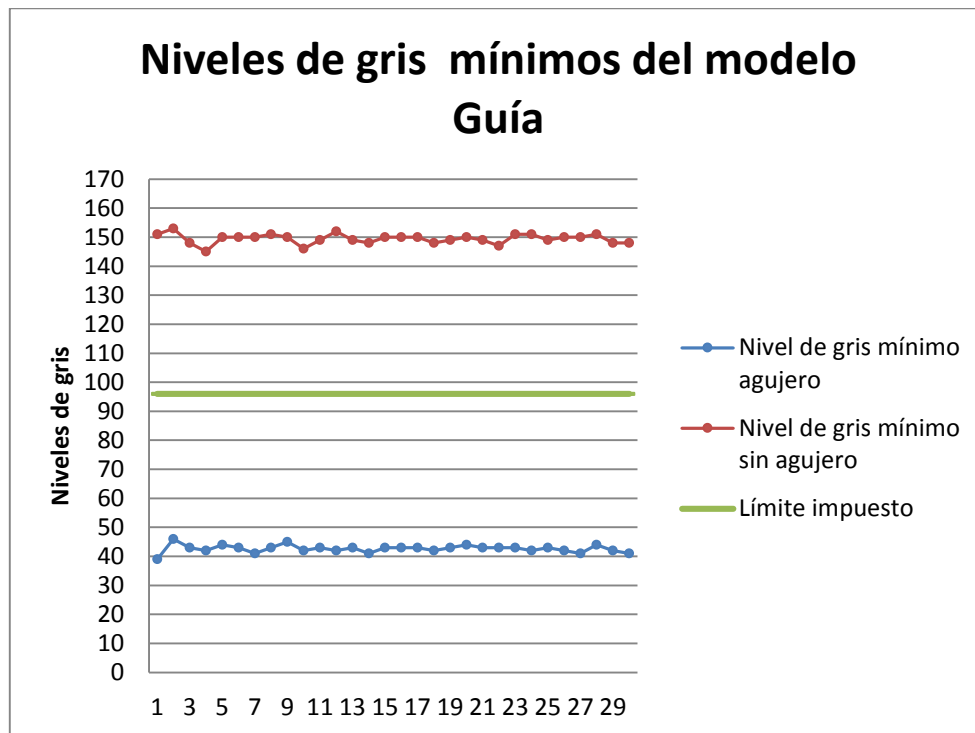
Como se puede ver, ambos procesos funcionan de forma similar, así que finalmente se elige la opción de realizar la segmentación de los tornillos mediante niveles de gris mínimos, simplemente por el hecho de que en ninguna otra aplicación anterior se ha utilizado, y así se comprueba algo nuevo.

Para finalizar con la segmentación de los modelos, queda el modelo llamado Guía, el cual si recordamos, se trata de una agujero que hay un extremo y en el otro no. En este caso se añade una zona en forma de rectángulo que contenga al agujero. Nuevamente se va a comprobar el nivel de gris mínimo de la zona, por tanto se seleccionan todos los pixeles de la zona.

Adecuación de un Sistema de Visión Artificial para control de calidad

Ainara Estaun Gabás

Al igual que ocurre con los tornillos, si hay agujero el nivel de gris mínimo es más pequeño que si no hay agujero, por tanto se vuelven a realizar 30 evaluaciones para este modelo con el fin de buscar un límite que separe las dos opciones.



Gráfica6.6. Diferencia niveles de gris mínimos del modelo Guía

A la vista de los resultados, se puede apreciar que el nivel máximo de gris mínimo de la zona cuando hay agujero es de 46, mientras que el nivel mínimo del nivel de gris mínimo de la zona cuando no hay agujero es de 145. Como límite se selecciona el valor medio de los dos que en este caso es de 96.

- Definición modelo:

Como se ha concluido se puede establecer un valor mínimo de nivel de gris mínimo como umbral a partir del cual se evalúa si la pieza es válida o no.

En este módulo se configura por tanto dicho criterio, con los valores calculados en las pruebas previas.

Para el Tornillo 1 se configura un nivel mínimo de gris de 101, para el Tornillo 2 un nivel mínimo de gris de 109 y para el modelo Guía un nivel de gris de 96.

Adecuación de un Sistema de Visión Artificial para control de calidad

Ainara Estaun Gabás

De esta manera en cada evaluación, si el nivel de gris mínimo detectado en cada modelo está por debajo de ese límite, la pieza se da por inválida.

- Configuración E/S:

Se establecen las salidas de conmutación por el interfaz 1, activándose el pin 6 cuando todos los modelos hayan sido encontrados. De esta manera se envía la salida de si la pieza ha sido válida, cuando se haya detectado que no hay agujero, y que los dos tornillos están tapados. Si un tornillo no está tapado, o los dos estuvieran tapados pero se detecta el agujero

Por el interfaz 2, se envía la siguiente información:

- Texto de usuario: *start*.
- Salidas de conmutación: se muestra con un 0 las salidas inactivas y con un 1 las salidas activas. Cuando todos los modelos hayan sido encontrados, el pin 6 se activa, por tanto en el carácter correspondiente al pin 6 se pondrá a 1.
- Texto de usuario: *##*. Para separar la información anterior de la siguiente.
- Número de objetos: se indica el número total de objetos detectados.

A partir de aquí se muestra la siguiente información para cada uno de los modelos:

- Texto de usuario: *#*.
- ID del modelo.
- Texto de usuario: *#*.
- Número de objetos adecuados: en ese modelo.

Para acabar la cadena:

- Texto de usuario: *stop*.

La cadena final que se transmite por este interfaz es:

0000start00010000000000000000000000000000##0003#01#0001#02#0001#03#0001stop

Por último, se aplica que cuando el pin 6 del interfaz 1 esté activo, se muestre en el *Display* del sensor: *PASS*, y cuando no lo este *FAIL*.

Adecuación de un Sistema de Visión Artificial para control de calidad

Ainara Estaun Gabás

- Resultado final de la prueba:

Una vez creada la aplicación se procede a realizar el primer test de la pieza.

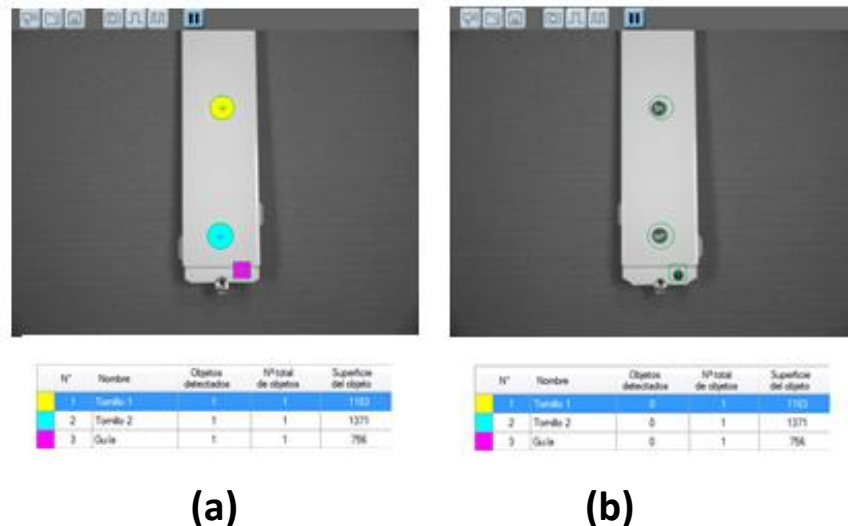


Fig6.22. Extremo en el que hay que tapar los tornillos (a) y extremo en el que no hay que tapar los tornillos (b)

Al evaluar el extremo en el que no hay que tapar los tornillos, y en el que efectivamente ambos tornillos estén sin tapar, la aplicación detecta como inválida la pieza, cuando en realidad es correcta ya que los tornillos de ese lado no están tapados y es así como debe ser. Esto es porque se ha puesto la condición de que para dar por válida una pieza se deben detectar los 3 modelos, pero esto debería ser solo para el caso del extremo en el que se tapan los tornillos. Ya que la aplicación no permite añadir otra condición en la que se pudiera decir que si ninguno de los tres modelos esta detectado la pieza también se dé por buena, puesto que se estaría evaluando el extremo en el que no hay que tapar los tornillos, se considerará que cuando ocurra este caso, el hecho de dar por invalida la pieza sea porque no es el extremo que interesa evaluar.

- Análisis de resultados:

Para ver la precisión de la aplicación, se realizan 250 evaluaciones con los tornillos del lado correcto tapados y otras 250 evaluaciones en las que algún elemento falle. Estos casos son que alguno de los tornillos o los dos están tapados en el extremo que no debía ser, o que alguno de los tornillos o los dos no estén tapados en el extremo en el que sí deben estarlo.

Adecuación de un Sistema de Visión Artificial para control de calidad

Ainara Estaun Gabás

En ambos casos se obtiene un 100% de piezas evaluadas correctamente, por lo que la aplicación puede considerarse suficientemente robusta para el control de calidad de la pieza.

6.4. PIEZA 4

La siguiente pieza a evaluar se trata de una carcasa de uno de los frigoríficos de BSH. Esta pieza es muy similar a la pieza a la cual se le realiza el control en la planta de Beriáin.



Fig6.23. Placa de uno de los frigoríficos de BSH

Está formada por una placa blanca de poliestireno y unas bandas de goma espuma colocadas por los operarios.

La pieza es válida cuando toda la goma espuma se haya colocado en la zona correcta.

Se crea una nueva aplicación en el sensor.

- Calidad imagen:
 - Modo *trigger*: se selecciona *trigger* con flanco ascendente. De esta manera se tomará la foto cuando se active el pulsador.
 - Iluminación: se activa la iluminación interna del sensor.
 - Modo de integración: se selecciona modo lineal para tener mayor contraste entre el fondo blanco y las bandas de goma espuma negras.
 - Tiempo de exposición: se establece a 3,3ms, suficiente para una buena imagen.

- Modelos:

Se diferencian los siguientes puntos de interés en 4 modelos distintos.

Adecuación de un Sistema de Visión Artificial para control de calidad

Ainara Estaun Gabás

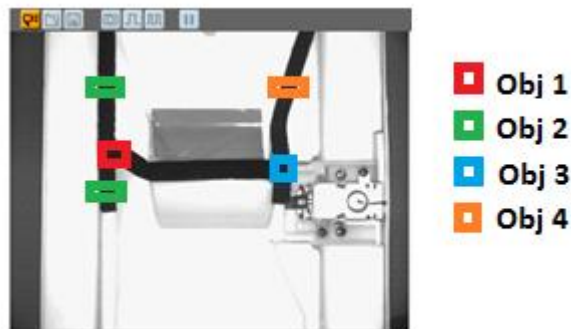


Fig6.24. Modelos de la pieza

El modelo Obj 1 evalúa la intersección entre la banda vertical izquierda y la horizontal de la imagen captada por el sensor, el modelo Obj 2 evalúa si la banda situada en la izquierda de la imagen captada por el sensor está colocada correctamente evaluando en dos puntos distintos, el modelo Obj 3 evalúa la intersección entre la banda horizontal y la banda vertical derecha y el modelo Obj 4 si la banda situada en la derecha de la imagen captada por el sensor está colocada correctamente.

- Segmentación:

Se realiza una segmentación diferente a cada modelo.

- Obj 1: se aplica un umbralizado con valores entre 0 y 55, seleccionando así los píxeles más oscuros de la imagen correspondientes con la banda de goma espuma negra.

Como se puede ver en la figura 6.24, este modelo controla la zona en la que se une la banda de la izquierda con la banda horizontal, la cual termina con el extremo girado. En este modelo se controla por tanto, que la unión se realiza en la zona aproximada. Para ello se crea una zona en forma de elipse, colocada en el punto en el que idealmente debe ir la banda, es decir, donde la elipse contiene la totalidad de sus píxeles en la banda de goma espuma. El área total de la zona es de 558 píxeles.

Además se aplica un filtro al que la aplicación denomina “rellenar agujeros” mediante el cual ciertos “agujeros” formados por píxeles claros u oscuros aislados, debido por ejemplo a superficies rugosas del material o imperfecciones en la imagen, sean cerrados automáticamente. El tamaño de los agujeros a rellenar se indica en cantidad de píxeles, en este caso es suficiente con 50 píxeles. De esta manera se consigue que si algún

Adecuación de un Sistema de Visión Artificial para control de calidad

Ainara Estaun Gabás

pixel del interior de la zona creada, debido a la luz haya tomado un nivel de gris más claro y no se haya seleccionado, sí se seleccione, y así tener el área completa de la zona.

- Obj2: en este modelo al controlar la banda de la izquierda, se necesitan dos zonas; en concreto se añaden dos elipses de tamaño mínimo con un área de 333 píxeles, situadas como muestra la figura 6.24. Para dar como válida la detección de esta banda, deben ser detectadas estas dos zonas. Como el modelo incluye las dos zonas, el área total del modelo es la suma de las dos elipses, es decir, 666 píxeles.

Previamente se realiza un umbralizado con valores entre 0 y 55 y filtro de relleno de agujeros en 50 píxeles como el modelo anterior.

- Obj 3: en este modelo se controla la intersección entre la banda derecha y la horizontal, de manera que se coloca una elipse en dicho punto. Esta elipse es de tamaño mínimo nuevamente con área de 333 píxeles. Se repiten los pasos anteriores: umbralizado y filtros similares a los modelos anteriores.
- Obj 4: mediante el último modelo se controla la colocación de la banda de la derecha. Se repiten los mismos pasos que para el modelo anterior, con una variación: los valores de umbralización, que en este caso se establecen de 0 a 66. Esto es debido a que píxeles de esta zona tienen niveles de gris más altos. Posiblemente porque esa parte esté recibiendo un poco más de cantidad de luz.

- Definición modelos:

Para alguno de los elementos es más complicado encontrar un criterio evidente para que una pieza se dé por válida o no. Esto es debido a que no hay unas marcas exactas de donde tienen que ir las esponjas. Lo normal es que el problema de los operarios sea que se dejen una por poner, y no tanto que las coloquen mal. El mayor problema puede estar en la banda horizontal.

- Obj1: como se ha dicho no hay unas marcas que digan dónde debe colocarse el extremo inclinado, de manera que para establecer un criterio se hace lo siguiente:

Se toma la posición considerada como ideal, se coloca la elipse en el punto en que la banda está perfectamente colocada, y se obtiene el área de la zona detectada:

Adecuación de un Sistema de Visión Artificial para control de calidad

Ainara Estaun Gabás

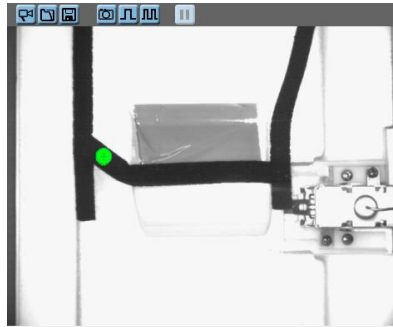


Fig6.25. Zona detectada en el modelo Obj 1

Como se ha comentado en la segmentación, el área de este modelo es de 558 píxeles.

Para definir el límite a partir del cual la banda está mal colocada, se hace que la zona detectada tenga un área de la mitad de la elipse tanto para un lado como para el otro. Esto se puede apreciar en la siguiente imagen:

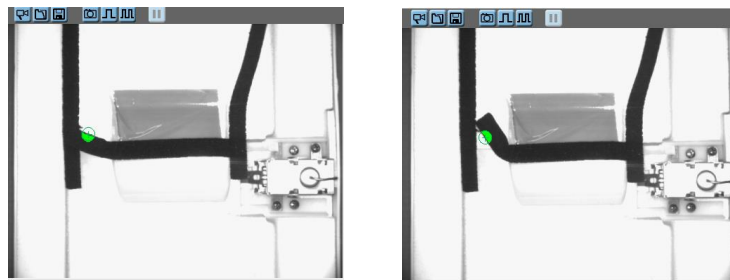


Fig6.26. Límites de buena posición de la banda

Así pues se establece un área mínima para dar por válido el modelo, que sea la mitad del área completa, es decir, 279 píxeles.

- Obj2: en este caso, para que la banda se dé por buena debe detectarse el área total de las dos elipses, pero dejando un pequeño error, por si hubiera algún pixel concreto no detectado. Se deja un error de 5 píxeles por elipse, de manera que el límite establecido para dar por válido el modelo, es un área mínima de 656 píxeles.
- Obj 3 y Obj 4: de manera similar que el modelo anterior, se establece un área mínima que sea el tamaño de la elipse menos 5 píxeles de error, es decir, si el área es inferior a 328 los modelos no se dan por válidos.

Adecuación de un Sistema de Visión Artificial para control de calidad

Ainara Estaun Gabás

- Configuración E/S:

Se establecen las salidas de conmutación por el interfaz 1, activándose el pin 6 cuando todos los modelos hayan sido encontrados.

Por el interfaz 2, se envía la siguiente información:

- Texto de usuario: *start*.
- Salidas de conmutación: se muestra con un 0 las salidas inactivas y con un 1 las salidas activas. Cuando todos los modelos hayan sido encontrados, el pin 6 se activa, por tanto en el carácter correspondiente al pin 6 se pondrá a 1.
- Texto de usuario: *##*. Para separar la información anterior de la siguiente.
- Número de objetos: se indica el número total de objetos detectados.

A partir de aquí se muestra la siguiente información para cada uno de los modelos:

- Texto de usuario: *#*.
- ID del modelo.
- Texto de usuario: *#*.
- Número de objetos adecuados: en ese modelo.

Para acabar la cadena:

- Texto de usuario: *stop*.

La cadena final que se transmite por este interfaz es:

```
0000start00010000000000000000000000000000##0005#01#0001#02#0002#03#0001#04#0001stop
```

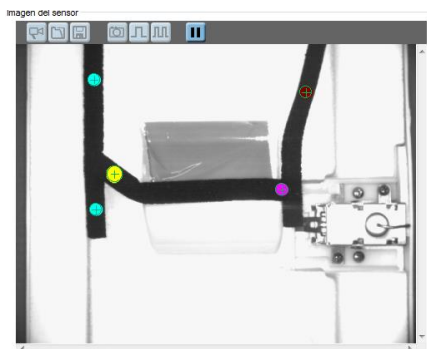
Por último, se aplica que cuando el pin 6 del interfaz 1 esté activo, se muestre en el *Display* del sensor: *PASS*, y cuando no lo este *FAIL*.

- Resultado final de la prueba:

Una vez definidos los modelos se realiza un test. En la siguiente figura se observa cómo quedan todos los modelos localizados correctamente.

Adecuación de un Sistema de Visión Artificial para control de calidad

Ainara Estaun Gabás



	Nº	Nombre	Objetos detectados	Nº total de objetos	Superficie del objeto
	1	Obj 1	1	1	559
	2	Obj 2	2	2	666
	3	Obj 3	1	1	333
	4	Obj 4	1	1	333

Fig6.27. Resultado test de todos los objetos correctamente posicionado

- **Análisis de resultados:**
Se realizan 200 pruebas con piezas correctas y 200 con piezas incorrectas para comprobar la eficacia de la aplicación. Todos los resultados son positivos, pero hay que tener en cuenta que en realidad no son del todo objetivos los criterios. Puede darse el caso en que se dé por mala una pieza que en realidad podría darse por buena perfectamente. Este es el caso sobretodo del modelo Obj2.
El criterio que se ha establecido para dar por válido el modelo es que se detecten los pixeles que como mínimo formen un área de la mitad del tamaño de la elipse, 279 pixeles en concreto. Sin embargo puede ser que se detecte un área de 278 pixeles, y ya en este caso se daría como inválida la pieza, pudiendo estar en la misma posición que cuando se detectan 279 pixeles. Por lo tanto en ese suceso también podría haberse dado por válida la pieza sin ningún problema, pero en algún lugar hay que establecer el límite para poder diferenciar los casos. Así que aunque ocurra esto, si la pieza se ha dado por inválida por unos escasos pixeles, no cuesta nada despegar y volver a colocarla algo mejor hasta que se valide sin problemas.
La aplicación por tanto no será del todo robusta en ese aspecto, pero sí que sirve perfectamente para detectar que todas las bandas están colocadas, ya que éste es el principal problema de los operarios, dejarse una banda sin colocar.

Adecuación de un Sistema de Visión Artificial para control de calidad

Ainara Estaun Gabás

6.5. Tampografía

Por último, se comprueba la robustez de la aplicación con la inspección en tampografía.

En la planta de Beriáin se realiza estampación en varias piezas de plástico. Se estampa logotipos de las marcas, dibujos indicadores, frases...

Algunas, por ejemplo, son las siguientes:



Fig6.28. Tampografía en piezas de plástico

Es con estas dos piezas, con las que se realizan las pruebas pertinentes.

En la primera se comprueba el logotipo de Siemens y en la segunda la frase *MultiAirFlow NoFrost* en una de las carcasas de un frigorífico de BSH. En ambas deben estar todas las letras correctamente. Los problemas que se pueden encontrar son que falte alguna letra, algún trozo de ellas o que contengan algún rasguño. Lo más complicado de detectar será esto último. Comprobar si hay letra o no es sencillo detectando el área o el nivel de gris de los píxeles de la letra, de manera similar a como se ha hecho en aplicaciones anteriores. Sin embargo, si el rasguño es muy pequeño la cámara tendrá mayor problema en detectarlo.

Adecuación de un Sistema de Visión Artificial para control de calidad

Ainara Estaun Gabás

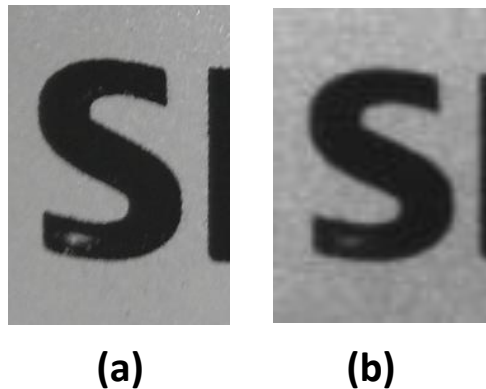


Fig6.29. Letra S rasguñada, captada con una cámara normal (a) y captada por el sensor (b)

Como se ve en la figura, un rasguño pequeño hace que la estampación no sea válida. A simple vista el rasguño se aprecia perfectamente mientras que el sensor, enfocándolo al máximo, a penas es capaz de detectarlo con una buena definición. Por lo tanto para ver si es útil una inspección de estas características, se va a comprobar si el sensor es capaz de detectar dichas imperfecciones.

Se crea una nueva aplicación en el sensor, para inspeccionar las nuevas piezas.

- Calidad de imagen:
 - Modo *trigger*: se selecciona *trigger* con flanco ascendente. De esta manera se tomará la foto cuando se active el pulsador.
 - Iluminación: la iluminación interna del sensor se desactiva y no se añade ningún tipo de iluminación externa. Es suficiente con la luz de ambiente.
 - Modo de integración: se selecciona modo lineal para tener mayor contraste entre el fondo y las letras.
 - Tiempo de exposición: se establece a 11.6 ms para resaltar más el fondo ampliando los pixeles claros y tener así más contraste con las letras.

- Modelos:

La idea es que se cree un modelo para cada letra, así se pueden analizar las características de cada una por separado y detectar en caso de que la pieza sea inválida, la letra o letras que fallan.

- Segmentación:

Se comienza con la pieza de Siemens. En cada modelo se crea una zona rectangular que contenga la letra a inspeccionar. La umbralización necesaria dependerá del nivel de gris del rasguño. Como se puede apreciar en la figura 6.30, las letras no están muy bien definidas, de manera que los pixeles del borde

Adecuación de un Sistema de Visión Artificial para control de calidad

Ainara Estaun Gabás

tienen niveles de gris más claros que el interior de la letra. Los píxeles del rasguño toman valores de nivel de gris similares a los de los píxeles del borde. Con la umbralización lo que se persigue es seleccionar los píxeles más oscuros, los cuales forman la letra, y desechar los píxeles del rasguño que son más claros. Los niveles de gris mínimo de los píxeles con rasguño toman un valor de 63, así que se realiza una umbralización de 0 a 63.



Fig6.30. Imagen captada por el sensor del modelo de la letra S umbralizada y un zoom de la misma

El problema, como se ha comentado, reside en los píxeles del borde que presentan unos niveles de gris similares a los que forman el rasguño, de manera que también serán desechados en la umbralización, y esto hará que sea más difícil seleccionar un área precisa de la letra.

Se repite la segmentación para cada una de las letras y se evalúa el rasguño varias veces en cada una, para ver como detecta las áreas la aplicación, es decir, qué áreas detecta cuando no hay rasguño y qué áreas cuando si lo hay, y ver si es posible establecer un criterio de validación en este caso. (Ver ANEXO D)

	S	I	E	M	E	N	S
Área mín. buena	1865	1140	2070	3424	2031	2489	1839
Área máx. con rasguño	1864	1138	2081	3430	2013	2485	1813

Tabla6.4. Áreas mínimas de las letras correcta y áreas máximas de las letras rasguñadas

Adecuación de un Sistema de Visión Artificial para control de calidad

Ainara Estaun Gabás

Para poder establecer un criterio es necesario que el área mínima de la letra en perfectas condiciones sea mayor que el área máxima de la letra con algún rasguño. Como se puede apreciar en los resultados, es realmente complicado encontrar un criterio. En algunas de las letras se detecta alguna vez un área menor cuando la letra está completa que cuando la letra está rasguñada. En otras tan solo se diferencian por unos pocos píxeles, de manera que no se puede establecer un criterio estricto para diferenciar los casos válidos de los inválidos. Esto es debido a los píxeles que forman el borde de la letra. Como se ha comentado los píxeles que forman el borde de las letras tienen niveles de gris más claros que los del interior de las mismas. Hay bastante variedad de niveles, desde niveles más claros parecidos al fondo hasta más oscuro parecidos al interior de la letra, haciendo difícil una separación perfecta de la letra y el fondo, mediante la umbralización. Para intentar solucionar este problema se prueba a aplicar filtros de preprocesado, intensificando los píxeles más claros o los más oscuros y así intentar tener más contraste entre el borde de la letra y el fondo, sin embargo esta medida resulta fallida, ya que los píxeles del rasguño también resultan modificados, y por tanto se sigue en la misma situación, no hay ninguna mejora.

Para corroborar la falta de eficacia en esta aplicación, se realiza un proceso similar con la otra pieza. En este caso se prueba con dos letras, la M y la última t. Nos volvemos a encontrar con el mismo problema, al no haber un borde suficientemente definido, se da el caso en que el área detectada cuando hay rasguño es mayor que cuando no lo hay. Se puede ver en la siguiente imagen:

Adecuación de un Sistema de Visión Artificial para control de calidad

Ainara Estaun Gabás

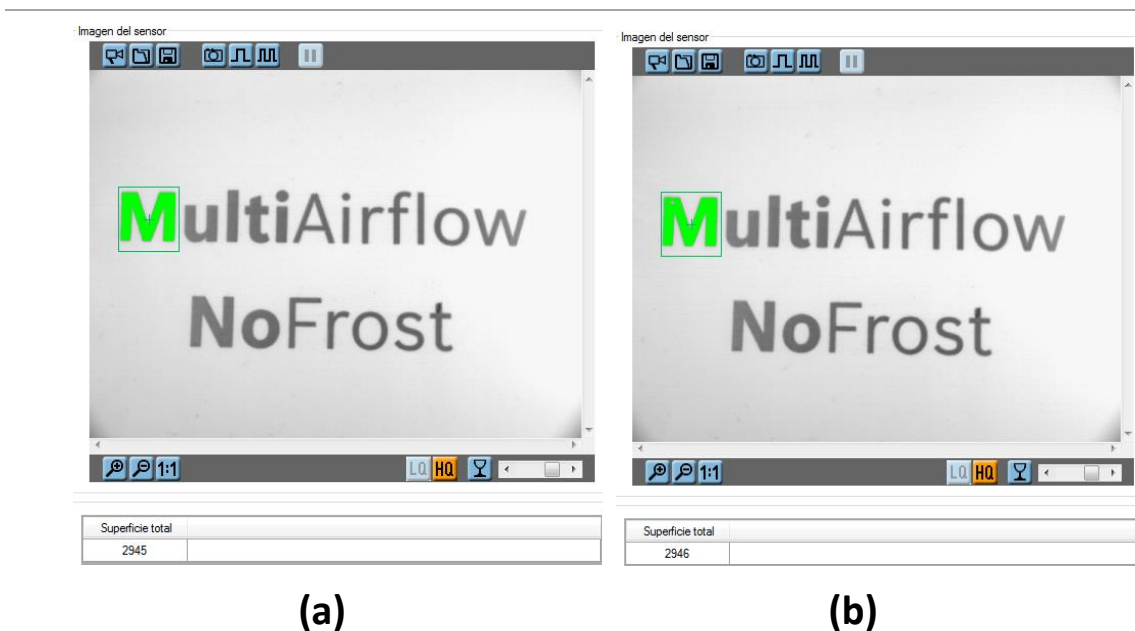


Fig6.31. Superficie total de la letra M umbralizada sin rasguño (a) y con rasguño (b)

En la imagen de la izquierda se detecta un área de la letra de 2945 píxeles, mientras que en la imagen de la derecha en la que se evalúa la letra rasguñada, se detecta un área de 2946 píxeles. Tras varias evaluaciones con esta letra se obtiene un área mínima de 2927 píxeles cuando la letra no está rasguñada y un área máxima de 2959 cuando la letra está rasguñada.

Repitiendo el proceso con la letra t, se obtienen resultados igualmente negativos. Por lo tanto, en esta situación, la vista humana es más fiable que la visión artificial. Una solución que se podría pensar, es realizar la evaluación de cada letra una a una. De esta manera se podría enfocar más de cerca y trabajar con áreas mayores que facilitarían la detección del rasguño. El problema en este caso es que sería un proceso muy costoso de tiempo, ya que habría que repetir una evaluación para cada una de las letras, mientras que de la otra manera con una sola captura se controlan todas.

Así que concluyendo, esta aplicación no sale rentable si se quiere inspeccionar la tampografía al detalle. Podría servir para controlar que están todas las letras o que falte un trozo de tamaño significativo, pero no para pequeños rasguños que el sensor apenas aprecia, pero a la vista humana son lo suficientemente importantes como para que la pieza no se dé por válida.

Capítulo 7. Interfaz Gráfica

Como ya se ha visto, el software del sensor mediante el procesamiento de imágenes permite controlar la calidad de los productos realizados. Si la pieza se da por válida, se puede observar la palabra *PASS* u *OK* en el *Display* del sensor y además se puede añadir algún elemento adicional que realice una acción al activarse, mediante las salidas analógicas del sensor, como se veía en el sistema montado en Beriáin, en el que se activa la bajada de un rotulador que marca las piezas válidas.

Para que los operarios tengan una visión más intuitiva de cuál ha sido el resultado, se realiza una aplicación, con la idea de que mediante una interfaz gráfica sencilla, para que los operarios discapacitados sin tener que realizar ningún manejo de la misma, puedan ver si han realizado la tarea correctamente o si por el contrario deben modificar alguno de los elementos que colocan en la pieza. En general esta aplicación solo es usada por los operarios que realizan el producto en línea, pero para que la empresa pueda tener un control de los resultados de las evaluaciones realizadas, se guardan todos los resultados en la base de datos de la empresa. Además se añade en la interfaz un buscador por si se quiere consultar en un momento determinado en el taller, los resultados obtenidos un cierto día.

7.1. Tecnología empleada:

- Eclipse IDE para Java: plataforma de software compuesto por un conjunto de herramientas de código abierto multiplataforma para desarrollar la aplicación.
- JDBC, Java Database Connectivity: interfaz de programación de aplicaciones (API) para el lenguaje de programación Java, que define como un cliente puede acceder a una base de datos.
- SQL Server Management Studio: aplicación software que se utiliza para configurar, gestionar y administrar todos los componentes de Microsoft SQL Server (sistema de manejo de bases de datos).
- Launch4J: crear ejecutable de la aplicación para Windows.

Para ver la implementación de la aplicación, consultar ANEXO E.

Adecuación de un Sistema de Visión Artificial para control de calidad

Ainara Estaun Gabás

7.2. Descripción:

En un principio se crea una aplicación que sirva para cualquier tipo de pieza. Así se puede utilizar en cualquier caso sin tener que modificar nada de código.

Si recordamos, al crear una aplicación en el sensor, se puede modificar que tipo de información se quiere enviar por el interfaz 2 del mismo.

Como se busca una aplicación general, la información que se mande por el interfaz, tiene que ser una información común a todas las piezas. Estos datos son: salidas de conmutación y número de objetos detectados.

Tras esta propuesta, la empresa prefirió realizar una aplicación más concreta para la pieza que consistía en un foco aeroled, de manera que en la interfaz se mostrara una imagen en la que se indiquen los tornillos fallidos. Al añadir esta opción en la interfaz hay que añadir información por la salida del interfaz 2, referente a cada modelo, ya que es necesario conocer cuántos objetos se han detectado en cada uno de los modelos, y no en el conjunto de la pieza como se hacía para la aplicación general. De esta manera se puede determinar qué modelo en concreto ha fallado. En este caso por tanto, aparte de conocer las salidas de conmutación y el número de objetos detectados en total, es necesario añadir el ID del modelo y el número de objetos detectados en él.

La manera de enviar esta información es una cadena con los siguientes elementos, como se establecía en la creación de las aplicaciones:

- Texto de usuario: *start*.
- Salidas de conmutación: se muestra con un 0 las salidas inactivas y con un 1 las salidas activas. Cuando todos los modelos hayan sido encontrados, el pin 6 se activa, por tanto en el carácter correspondiente al pin 6 se pondrá a 1.
- Texto de usuario: *##*. Para separar la información anterior de la siguiente.
- Número de objetos: se indica el número total de objetos detectados.

A partir de aquí se muestra la siguiente información para cada uno de los modelos:

- Texto de usuario: *#*.
- ID del modelo.
- Texto de usuario: *#*.
- Número de objetos adecuados: en ese modelo.

Para acabar la cadena:

- Texto de usuario: *stop*.

Adecuación de un Sistema de Visión Artificial para control de calidad

Ainara Estaun Gabás

Si se hace por tanto una interfaz teniendo en cuenta la información recibida de la evaluación del foco aeroled, esta interfaz no podrá ser utilizada con otra pieza distinta. Esto es debido a que de la cadena recibida se recorta la información de interés, de manera que la longitud de la cadena no será la misma para cada pieza, dando lugar a un error en la ejecución.

La cadena recibida con el foco aeroled sería la siguiente:

```
0000start00010000000000000000000000000000##0016#01#0001#02#0001#03#0001#04#0001#05#0001#06#0001#07#0001#08#0001#09#0001#10#0001#11#0001#12#001#13#0001#14#0001#15#0001#16#0001stop
```

Dando información de los 16 modelos creados. Mientras que si se evalúa otra pieza con menos modelos se recibiría lo siguiente:

```
0000start00010000000000000000000000000000##0005#01#0001#02#0002#03#0001#04#0001stop
```

Por lo tanto tras esta observación, se decide realizar una interfaz gráfica concreta para la pieza del foco aeroled, de manera que si más adelante se quisiera aprovechar la idea nueva que incluye esta interfaz, en la que se muestra en la imagen que modelos han fallado y cuáles no, para otro tipo de pieza, habría que modificar esa pequeña parte del código. Y también realizar la interfaz general, para que si en algún momento la empresa quisiera hacer uso de ella con otras piezas, pero no quiera realizar cambios en el código, pueda recurrir a ella.

Ambas interfaces son muy similares, solo varían en el detalle comentado, que en la interfaz se podrá observar en la imagen de la pieza mostrada.

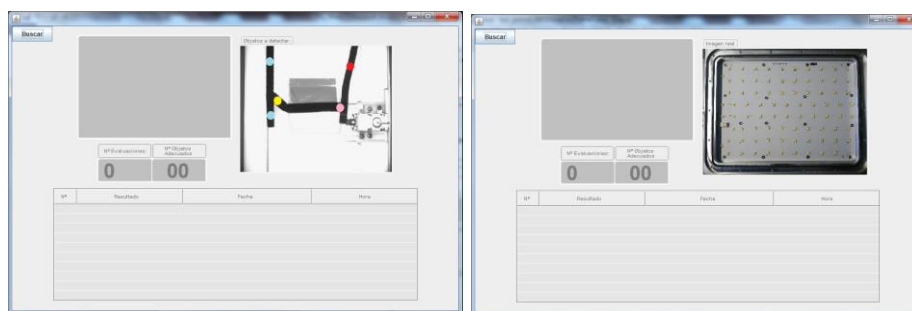


Fig7.1. Aplicación recién arrancada en ambos casos

Para poder recibir la salida del interfaz 2 del sensor, es necesario establecer una conexión cliente (PC) – servidor (sensor) mediante la API Socket, que permite el intercambio de datos TCP.

Adecuación de un Sistema de Visión Artificial para control de calidad

Ainara Estaun Gabás

En la interfaz gráfica se distinguen varias partes:

- Recuadro de visualización del resultado: es una de las más importantes, ya que el propósito principal de la aplicación, es mostrar el resultado de la evaluación. Nada más arrancar la aplicación este recuadro aparece vacío, de color gris. Una vez realizada una evaluación el recuadro se modifica y muestra o bien una imagen en la que aparece un NOK escrito sobre un fondo rojo si la evaluación ha sido fallida, o un OK sobre un fondo verde si la evaluación ha sido válida.
Para conseguir esta información se recorta el cuarto dígito empezando por la izquierda, de las salidas de conmutación. Si el dígito recibido es un 1, la evaluación ha sido correcta y si es un 0 incorrecta.



Fig7.2. Visualización del resultado NOK y OK

- Imagen de la pieza: a la derecha del recuadro de visualización de resultados aparece una imagen de la pieza evaluada. Esta es la única parte que varía entre la interfaz general y la interfaz del foco.
En el caso de la interfaz general la idea es que se muestre una imagen, la cual ha sido editada de manera que se dibujen los puntos en los que hay colocados un modelo en la aplicación del sensor, así de esta manera cuando el operario la vea en la interfaz, puede recordar cuales son los puntos críticos. Si se quiere utilizar la aplicación por tanto con otra pieza, simplemente habrá que añadir otra imagen de la nueva pieza en la carpeta donde esté la interfaz.
En el caso de la interfaz para el foco, se muestra la imagen del mismo, pero hay que tener en cuenta un aspecto importante en este caso. La imagen mostrada en la interfaz está situada como la vería el operario desde su posición de trabajo, pero la imagen que captaba el sensor estaba invertida, de manera que como se ve en la figura 6.4, hay que tener en cuenta la posición de los tornillos, ya que en esta aplicación se muestra un aspa roja en aquellos tornillos que no han sido detectados, y un punto verde en aquellos que se detecten perfectamente.

Adecuación de un Sistema de Visión Artificial para control de calidad

Ainara Estaun Gabás

Esta información se recoge de la parte de la cadena recibida en la que se indica el ID del modelo y el número de objetos detectados en el. Si se detecta un objeto es que hay colocado un tornillo.

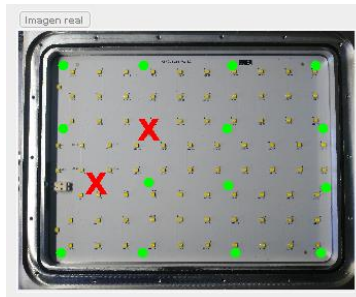


Fig7.3. Imagen mostrada en una evaluación con dos tornillos sin colocar

- Cuadros contadores: debajo del recuadro de visualización de resultados se muestran dos pequeños cuadros. En uno se muestra un contador para llevar la enumeración de evaluaciones realizadas, y en el otro el número de objetos detectados en el conjunto de la pieza. Este último se recoge de la cadena recibida en la evaluación, recortando los dígitos que indican el número de objetos detectados.



Fig7.4. Sexta evaluación realizada, detectados 14 tornillos colocados

- Tabla de resultados: en la parte inferior de la interfaz se muestra una tabla, en la cual se van sobrescribiendo los últimos 10 resultados obtenidos. En ella se muestra el número de evaluación, recogido en el contador comentado anteriormente, el resultado obtenido OK o NOK, la fecha y la hora de la evaluación. Para ello es necesario haber ido guardando en un array todos los resultados obtenidos.

Adecuación de un Sistema de Visión Artificial para control de calidad

Ainara Estaun Gabás

Nº	Resultado	Fecha	Hora
10	OK	13/06/2016	09:04:48
9	OK	13/06/2016	09:04:39
8	OK	13/06/2016	09:04:36
7	NOK	13/06/2016	09:04:32
6	NOK	13/06/2016	08:54:47
5	OK	13/06/2016	08:54:43
4	OK	13/06/2016	08:54:39
3	OK	13/06/2016	08:54:37
2	OK	13/06/2016	08:54:35
1	OK	13/06/2016	08:54:32

Fig7.5. Tabla de los 10 últimos resultados

- Buscador: aunque esta opción no es usada por los operarios del taller, si puede ser usada por algún trabajador de la empresa interesado en consultar los resultados obtenidos en un determinado momento.

Para poder realizar una consulta de este tipo, es necesario guardar todos los resultados obtenidos en una base de datos de la empresa.

Se crea una base de datos llamada “Visión_Artificial”, en el servidor de la empresa. Los resultados de cada una de las piezas, se guardarán en tablas diferentes de la base de datos. Por tanto será necesario crear una tabla por cada pieza en la base de datos.

Cada vez que se realiza una evaluación, los campos que se guardan en la tabla de la base de datos son los siguientes: ID, que enumera las evaluaciones realizadas; Resultado, que guarda el OK o NOK obtenido de la evaluación, Fecha y Hora.

La interfaz necesita por tanto una conexión con esa misma tabla de la base de datos para poder realizar las consultas necesarias.

Si se pulsa el botón del buscador, se abre una nueva ventana en la que aparece una barra de texto, en la cual se introduce la fecha, en el formato que indica, del día que se quiera consultar los resultados.

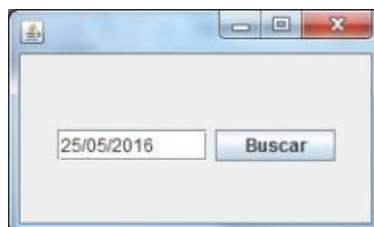


Fig7.6. Ejemplo de búsqueda del día 25 de mayo de 2016

Adecuación de un Sistema de Visión Artificial para control de calidad

Ainara Estaun Gabás

Al dar a buscar nuevamente en esta ventana, se abre una nueva en la que aparece una lista con los resultados del día buscado. Además añade la opción de guardar esos resultados en un archivo de texto.

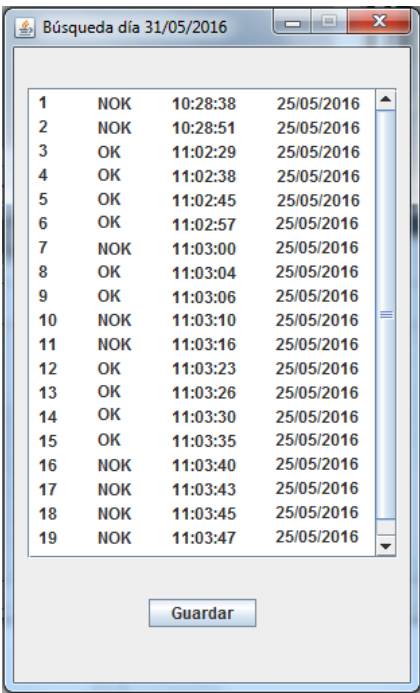


Fig7.7. Ventana con la lista de resultados del día buscado

Para finalizar se muestra la apariencia total de la interfaz tras realizar una evaluación con la pieza correcta y una evaluación con la pieza incorrecta:



Fig7.8. Interfaz con última evaluación correcta

Adecuación de un Sistema de Visión Artificial
para control de calidad

Ainara Estaun Gabás



Fig7.2.9. Interfaz con última evaluación incorrecta

Adecuación de un Sistema de Visión Artificial para control de calidad

Ainara Estaun Gabás

BIBLIOGRAFÍA

- Universidad Politécnica de Madrid, Introducción a la visión artificial, http://www.elai.upm.es/webantigua/spain/Asignaturas/MIP_VisionArtificial/ApuntesVA/cap1IntroVA.pdf
- SABIA Group, Visión Artificial e Interacción sin mandos, <http://sabia.tic.udc.es/gc/Contenidos%20adicionales/trabajos/3D/VisionArtificial/index.html>
- INFAIMON, Software de Imagen, <http://www.infaimon.com/es/software-de-imagen-industria>
- TASUBINSA, <http://www.tasubinsa.com>
- Monografías, Las sensaciones. Los órganos de los sentidos, <http://www.monografias.com/trabajos59/organos-sentidos/organos-sentidos2.shtml>
- Aula Clic, El ojo humano y la cámara, http://www.aulaclic.es/fotografia-photoshop/a_2_4_1.htm
- Centro Integrado Politécnico Tudela, Visión Artificial, <http://www.etitudela.com/celula/downloads/visionartificial.pdf>
- Avances en robótica y visión por computador, José Andrés Somolinos Sánchez, <https://books.google.es/books?id=V-eXwzElngQC&pg=PA257&lpg=PA257&dq=vision+artificial+en+la+medicina&source=bl&ots=0ynaGea8o0&sig=rqQJbOmgW5HToqSjml6ehWVaE7U&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjHm62i0ZLLAhXHvRoKHeuzBu0Q6AEIYDAG#v=onepage&q=vision%20artificial%20en%20la%20medicina&f=false>
- Visión por Computadoras, <http://visionporcomputadoras.blogspot.com.es/>
- Visión Online, La visión Artificial y su influencia en España, <http://www.visiononline.es/es/actualidad-en-vision-artificial/la-vision-artificial-y-su-influencia-en-espana>

Adecuación de un Sistema de Visión Artificial para control de calidad

Ainara Estaun Gabás

- JasVisio, Visión Artificial, <http://www.jasvisio.com/mvElements-es.html>
- Los Sistemas de Visión Artificial en Inspección Industrial, <http://www.librovision.eii.uva.es/pdf/cap9.pdf>

ANEXO A:

MANUAL DE MANTENIMIENTO DEL SISTEMA

➤ **HARDWARE:**

- **Sensor:**
 - Permite captar un campo visual máximo de 1320mm x 945mm.
 - Dispone de iluminación interna de luz blanca, la cual se puede disparar en el momento de captar la imagen estática.
 - Incluye un sensor de imagen CMOS en blanco y negro, con una resolución VGA 640 x 480. Se trata del sensor con las prestaciones más simples de este proveedor.
 - Interfaces de parametrización y de proceso a través de Ethernet TCP/IP, Ethernet/IP.
 - Indicación de funcionamiento mediante luces LED y una unidad de indicación/estado *Display* de 4 dígitos.
- **Interfaces:**
 - Interfaz 1 del sensor. Cable de conexión para la tensión de alimentación y la conexión del proceso. Es necesario un conector hembra, acodado, M12 de 8 polos.

Necesita una tensión de alimentación de 30 V AC/ 36 V DC.

El cable en concreto se trata de un cable PUR de 8 x 0.25 mm².

De los 8 pines que dispone este interfaz del sensor, dos son para su alimentación (pin 1 y 3), y el resto para proceso, pudiendo controlar el trigger (pin 2) y la salida por ejemplo (pin 6).

En concreto, en el sistema montado en Tasubinsa, de este interfaz solamente se hace uso de los pines de alimentación.

El control de disparo y de salida se realiza a partir de unos módulos aparte, de entradas y salidas para convertir señal analógica en digital y viceversa, equipados con aislamiento y protección contra fallas para proporcionar un funcionamiento seguro. Estos módulos se conectan al PC mediante el puerto RS232 y por otro lado al dispositivo que introduce la señal de entrada de disparo y al dispositivo que genera la señal de salida de cuando se debe ejecutar una nueva acción.

Adecuación de un Sistema de Visión Artificial para control de calidad

Ainara Estaun Gabás

- Interfaz 2 del sensor. Para este interfaz se necesita un cable cruzado para la conexión Ethernet, conector M12 de 4 polos para enlazar con el sensor y conector RJ45 para conectar con el ordenador directamente. Por este interfaz se controla la conexión de proceso y de parametrización.
- SOFTWARE: Funcionamiento.

Mediante dicho programa se establecen todas las tareas de procesamiento y tratamiento necesarios para evaluar la imagen del objeto, obtener las propiedades necesarias, contar objetos... y darlo por bueno o no.

Se trata de un software libre que podemos instalar en cualquier ordenador.

Al acceder al programa, se pide conectar a un sensor. Esta conexión se puede realizar introduciendo la dirección IP y puerto del mismo o también se permite hacer buscando sensores en la red.

El ordenador en el que ejecutemos el programa y el sensor conectado deben estar en la misma LAN, por tanto, el PC tendrá que tener una dirección IP en la misma subred que el sensor.

Cada sensor puede almacenar como máximo 32 aplicaciones diferentes.

Además se permite la opción de exportar e importar aplicaciones. De esta manera se pueden cargar aplicaciones en otros sensores.

En cada una de estas aplicaciones podemos inspeccionar por tanto diferentes tipos de objetos, configurando para cada caso que es lo que interesa y se necesita.

Al crear una nueva aplicación, se procede a configurar los parámetros en distintos módulos. Estos módulos son los siguientes:



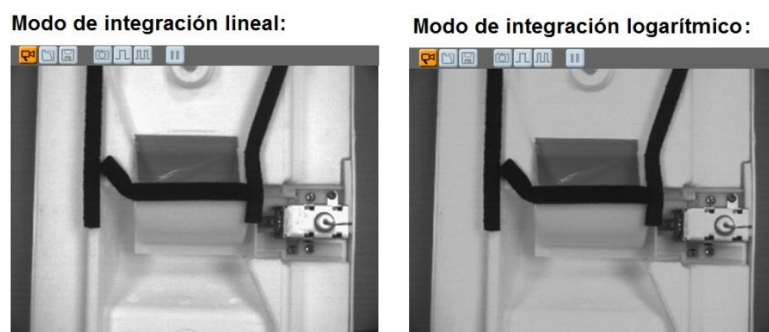
FigA1. Módulos al crear una aplicación

- 1- Calidad de imagen: para conseguir una calidad de imagen óptima. En este parámetro se configura:
 - (a) Modo del *trigger*: el cual puede ser mediante flanco ascendente, descendente, mediante el interfaz de proceso o *trigger* continuo.

Adecuación de un Sistema de Visión Artificial para control de calidad

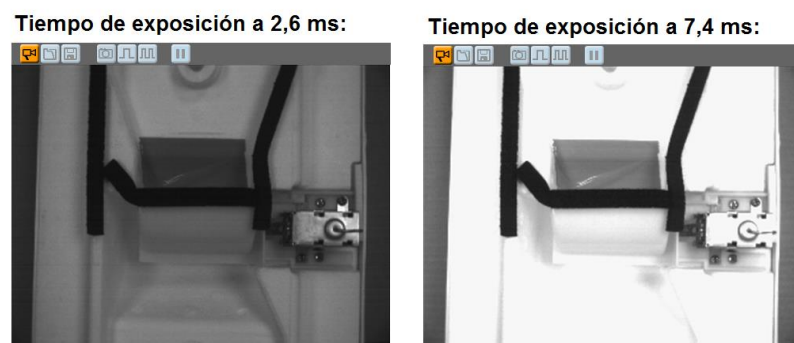
Ainara Estaun Gabás

- (b) Iluminación del sensor: puede ser interna, externa o sin iluminación de sensor.
- (c) Modo de integración: puede ser lineal o logarítmico. Este último obtiene la imagen con más detalles en las zonas con alta luminosidad y también en las sombras, por el contrario da un aspecto desaturado y poco contrastado. La pérdida de saturación no es un problema ya que el sensor capta la imagen en escala de grises.



FigA2. Imagen captada por el sensor con diferentes modos de integración

- (d) Tiempo de exposición: afecta de tal manera que al aumentar el tiempo en ms, el nivel de gris de los pixeles más claros aumenta.



FigA3. Imagen captada por el sensor con diferentes tiempos de exposición

- 2- Modelos: cada aplicación puede contener hasta 24 modelos. Un modelo contiene datos sobre las zonas de imagen que se van a evaluar y características del objeto según las cuales una pieza es evaluada como “buena” o “defectuosa”.

Cada modelo puede tener una segmentación diferente.

Adecuación de un Sistema de Visión Artificial para control de calidad

Ainara Estaun Gabás

Si por ejemplo se quisieran detectar tres zonas diferentes, al crear un único modelo que integre a las tres, las características son un total de las mismas, es decir, el área, por ejemplo, sería la suma de las tres. De manera que si se quisiera evaluar cada una independientemente, habría que realizar un modelo distinto para cada una, y así tener identificadas las características independientemente de las demás.

3- Segmentación: se definen qué objetos de la imagen deben ser evaluados.

Para ello el programa divide la escena de la imagen en varias zonas según las diferencias de luminosidad.

El sensor capta la foto en niveles de gris, que se corresponde con la cantidad de luz procedente de la imagen.

El rango de niveles de gris utilizado para representar la imagen, tradicionalmente viene siendo de 256 valores (8 bits por píxel).

Cada píxel por tanto, puede tener un valor entre 0 y 255.

El blanco puro tiene un nivel de 255. El negro puro de 0.

Para encontrar objetos el programa debe distinguir entre el objeto de evaluación y el fondo. Para hacer esta separación se dispone de dos posibilidades: mediante un umbral de binarización o mediante ampliación de superficie. Este último modo evalúa diferencias de luminosidad entre zonas contiguas de la imagen a diferencia del primero que utiliza niveles de gris absolutos para la división de la escena de imagen.

Por otra parte se puede delimitar manualmente la evaluación a determinadas zonas de la imagen (rectángulos o elipses).

Además permite aplicar rellenado de agujeros o seleccionar los objetos que tengan un área entre dos valores estipulados, es decir si tras realizar el umbralizado se han detectado dos objetos, pero uno de ellos por ejemplo tiene un área de un tamaño que no interesa, se puede desechar añadiendo esta opción.

Por último en este módulo también se pueden aplicar filtros de preprocesado, mediante diferentes tipos de máscaras (matrices de tamaño 3x3, 5x5, 7x7, 9x9, 11x11, 15x15 y 23x23), para mejorar la delimitación entre el fondo y el objeto de evaluación. Los filtros que se pueden aplicar realizan las siguientes tareas: ampliar los píxeles claros o los oscuros, hacer una media del nivel de gris de los píxeles o difuminar.

Adecuación de un Sistema de Visión Artificial para control de calidad

Ainara Estaun Gabás

-
- 4- Definición del modelo: en este módulo se definen los criterios según los cuales una pieza es evaluada como buena o defectuosa. La base para la evaluación son las características del objeto tales como el tamaño, la orientación o el nivel de gris, entre otras. A tal fin se indica un valor máximo y mínimo para cada criterio. Todos los objetos cuyas características se encuentren entre ambos valores, serán detectados como objetos adecuados.
 - 5- Configuración E/S: en este módulo se configuran las salidas. El resultado final se puede exportar de diferentes maneras. Por el interfaz 1 del sensor, se pueden activar salidas analógicas, de manera que si el resultado de la evaluación ha sido válido, se envíen 24 V por el pin que se haya activado.

También se configura la salida al *Display* del sensor. Si el pin del interfaz 1, por el que se ha establecido la salida está activo, entonces se puede mostrar un conjunto de dígitos en el *Display*, y si está inactivo otro. Se puede seleccionar la siguiente información a mostrar: *PASS* o *FAIL*, *OK* o *NOK*, número de objetos totales, número de objetos adecuados, versión de *firmware* e indicación de aplicación activa.

Por último, por el interfaz 2, se permite aplicar salidas digitales. Los datos se transmiten del sensor al PC mediante un cable de datos Ethernet TCP/IP, de manera que la información que el software permite enviar es la siguiente: número de modelos, número de objetos adecuados, salidas de conmutación, nº de evaluaciones, indicación en pantalla *Display*, tiempo de evaluación y un texto de usuario, por ejemplo podría ser el carácter # para separar las distintas informaciones que se quieran enviar. Esta información se envía en forma de una cadena de caracteres en la que se incluyen los valores comentados. Para acceder a esta información se puede hacer uso del protocolo de red Telnet. Veamos un ejemplo. Se tiene una aplicación en la que se configura que en la salida del interfaz 2 del sensor, se envíe la indicación en pantalla (*FAIL* o *PASS*), el número de objetos y el número de modelos, además del texto de usuario " #" para separar cada valor, y "start", "stop" para indicar el comienzo y el final de la cadena.

Se abre la consola CMD de Windows y se establece una conexión Telnet, con la IP del sensor y el puerto TCP por el que se conecta.

El comando para ello es el siguiente: *telnet 192.168.10.241 50010*

Una vez establecida la conexión, cuando el sensor envía la información, se puede leer en la consola.

Adecuación de un Sistema de Visión Artificial para control de calidad

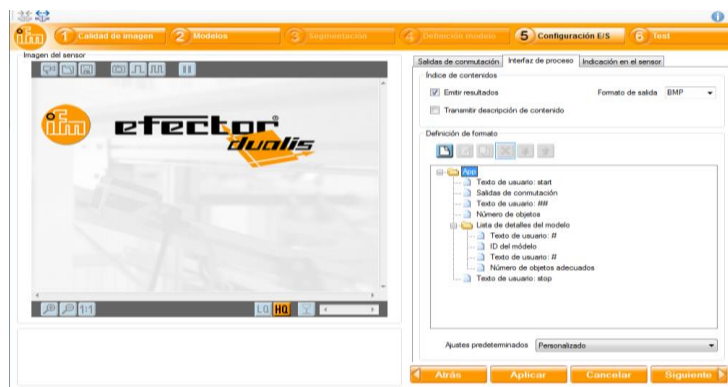
Ainara Estaun Gabás



FigA4. Visualización en consola de la salida por el interfaz 2 del sensor

El resultado ha sido fallido (*FAIL*), se han detectado 0 objetos adecuados (0000) y hay un total de 3 modelos diferentes (03).

Un ejemplo de cómo se configuran estos parámetros en el software es el siguiente:



FigA5. Configuración de salidas por el interfaz 2 en el software de aplicación

- 6- Test: una vez completada la configuración de la aplicación, el sensor efectúa un test completo a partir de las configuraciones guardadas anteriormente. Se muestra la imagen captada por el sensor y una pestaña “Modelos encontrados” que muestra información sobre los objetos detectados por el sensor.

Cada uno de los modelos válidos se identifica coloreando el área del modelo de diferente color, de manera que si uno no lo es, aparece sin colorear.

La información de los modelos detectados es la siguiente:

- Nº: indica el número de modelo.
- Nombre: indica el nombre del modelo.
- Objetos detectados: indica el número de objetos que conforma cada modelo si éste ha sido válido, si no, se muestra un 0.

Adecuación de un Sistema de Visión Artificial para control de calidad

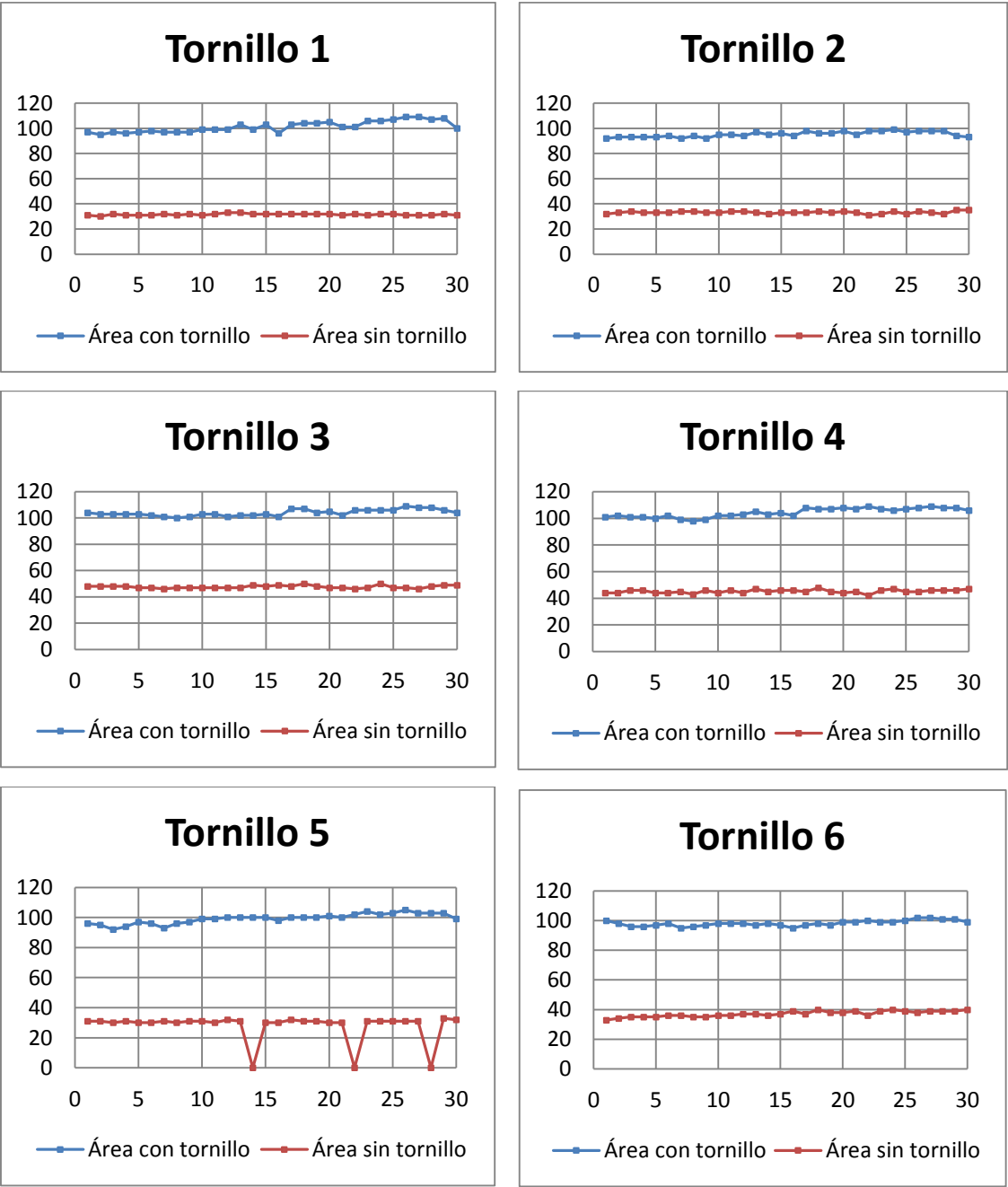
Ainara Estaun Gabás

- Número total de objetos: indica el número de objetos que conforma cada modelo haya sido o no dado por válido.
- Superficie del objeto: indica la superficie total del modelo en píxeles, haya sido o no dado por válido.

ANEXO B

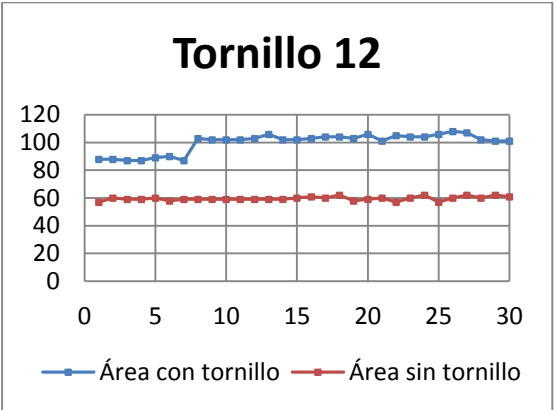
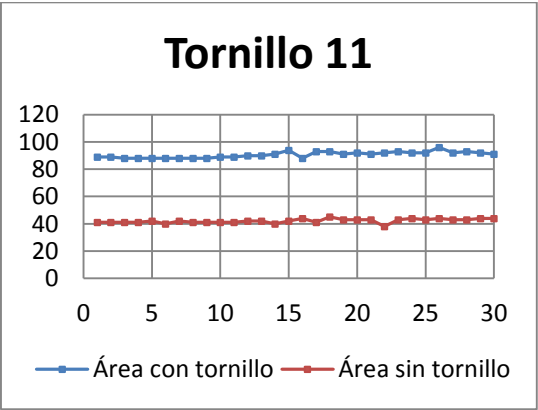
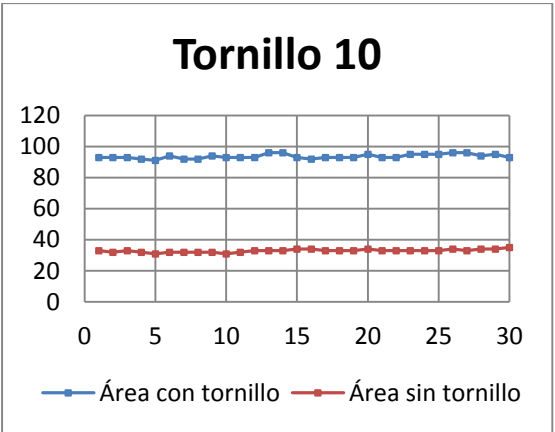
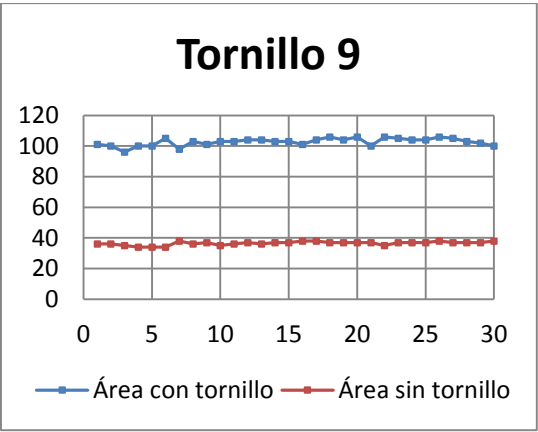
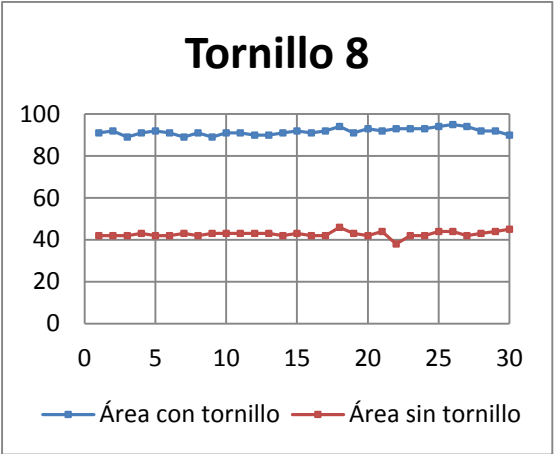
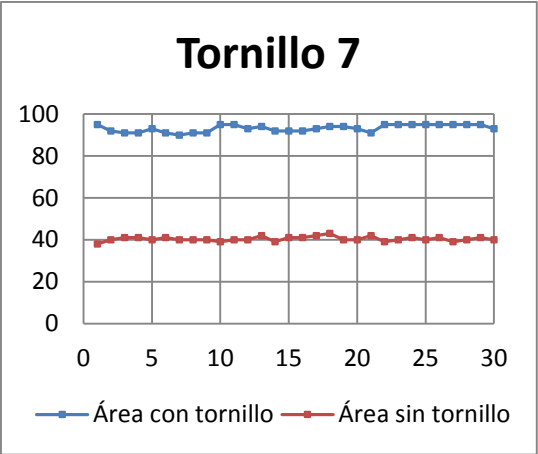
PRUEBAS PREVIAS PIEZA 1:

Áreas detectadas de los tornillos colocados y sin colocar



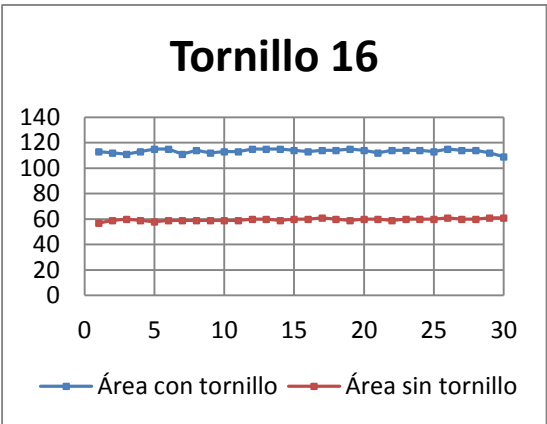
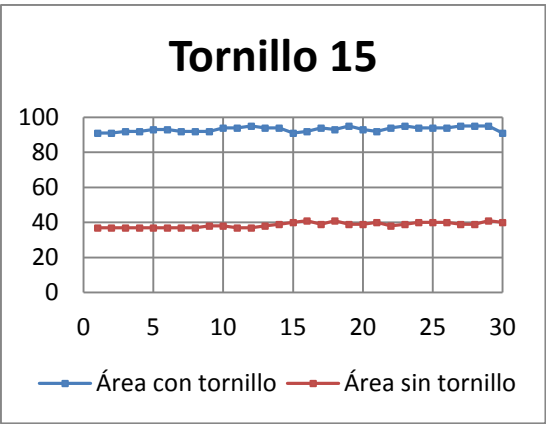
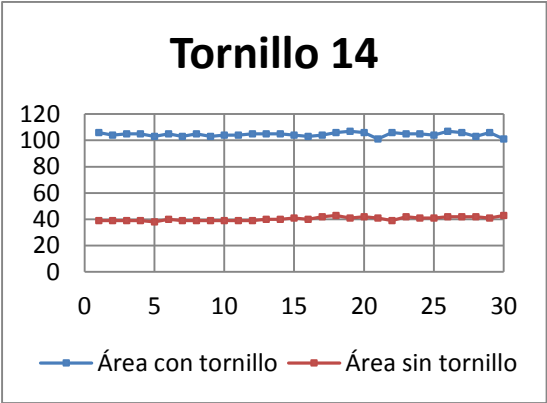
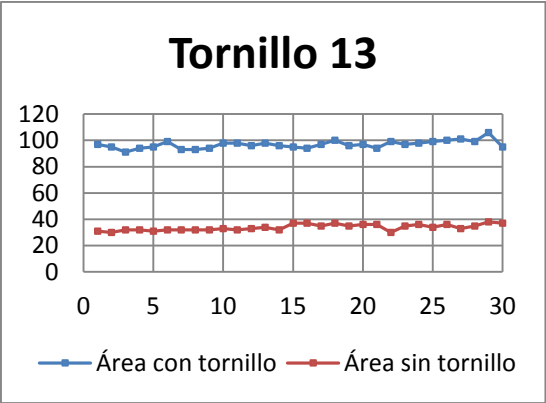
Adecuación de un Sistema de Visión Artificial
para control de calidad

Ainara Estaun Gabás



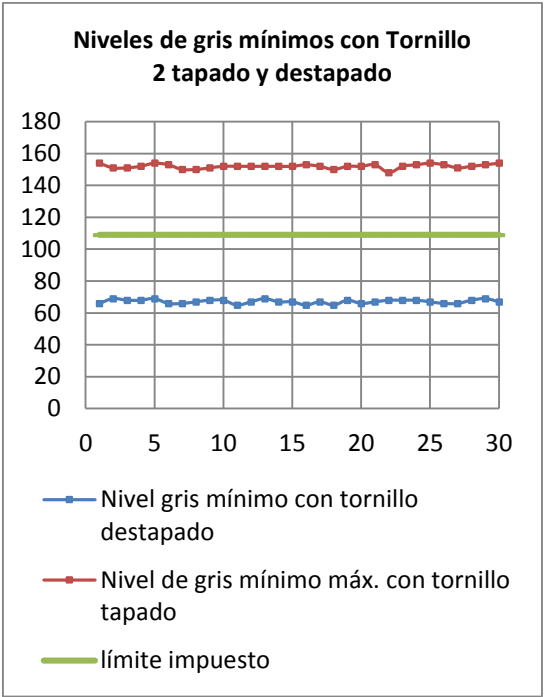
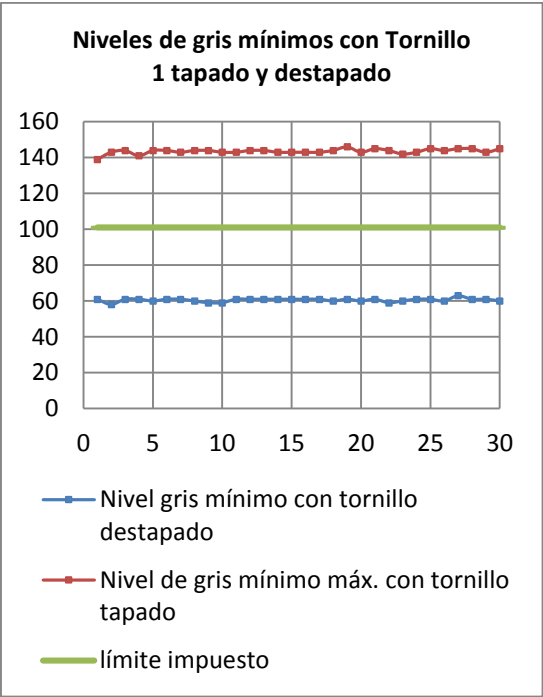
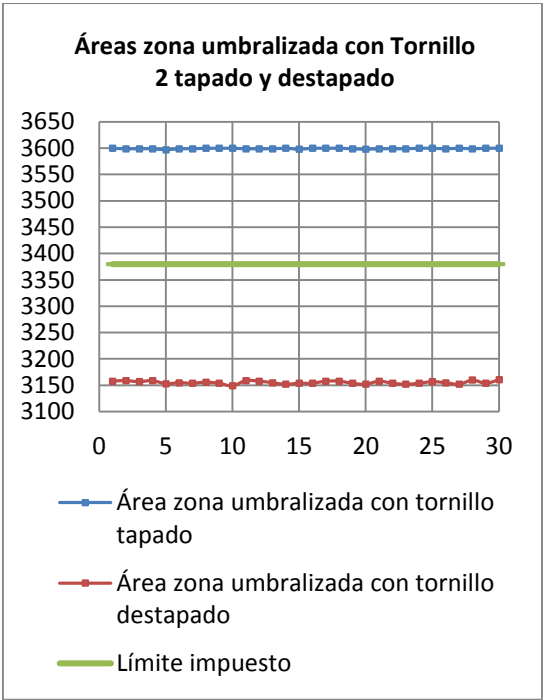
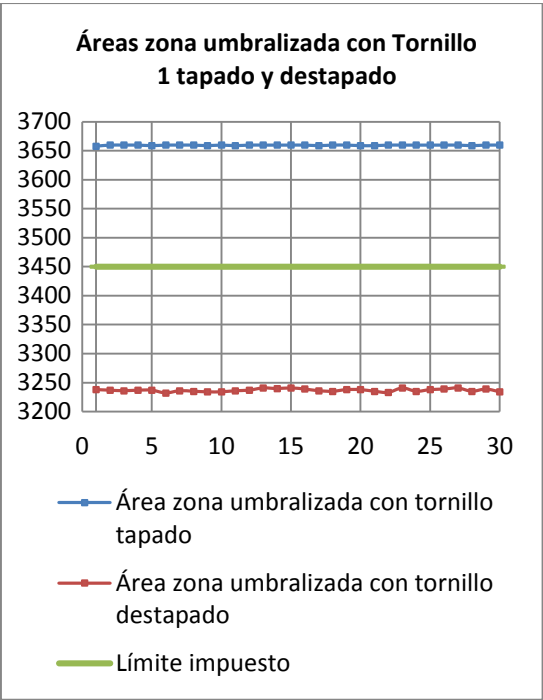
Adecuación de un Sistema de Visión Artificial
para control de calidad

Ainara Estaun Gabás



ANEXO C

PRUEBAS PREVIAS PIEZA 3



ANEXO D

PRUEBAS PREVIAS DE TAMPOGRAFÍA

SIEMENS								
Letra S primera								
Áreas buenas	1875	1874	1876	1886	1877	1876	1882	1878
Áreas con rasguño	1849	1852	1859	1856	1857	1861	1863	1854
Áreas buenas	1872	1870	1884	1865	1876	1879	1874	
Áreas con rasguño	1855	1862	1860	1856	1864	1863	1861	
Letra I								
Áreas buenas	1140	1146	1149	1144	1147	1144	1144	1149
Áreas con rasguño	1124	1120	1130	1131	1122	1133	1137	1131
Áreas buenas	1147	1145	1146	1147	1146	1146	1148	
Áreas con rasguño	1131	1133	1138	1137	1138	1133	1131	
Letra E								
Áreas buenas	2078	2070	2080	2073	2076	2082	2077	2080
Áreas con rasguño	2057	2064	2074	2072	2071	2075	2073	2078
Áreas buenas	2079	2081	2079	2081	2078	2081	2087	
Áreas con rasguño	2075	2080	2079	2081	2070	2072	2076	
Letra M								
Áreas buenas	3428	3424	3435	3437	3435	3433	3436	3437
Áreas con rasguño	3401	3429	3423	3422	3429	3427	3423	3419
Áreas buenas	3432	3427	3435	3432	3431	3433	3434	
Áreas con rasguño	3423	3423	3422	3430	3418	3417	3420	
Letra E								
Áreas buenas	2033	2037	2031	2033	2038	2039	2038	2032
Áreas con rasguño	2013	2010	2009	2010	2008	2011	2010	2011
Áreas buenas	2031	2040	2038	2036	2036	2031	2042	
Áreas con rasguño	2010	2008	2008	2005	2001	2012	2007	

MIN:	1865
MAX:	1864

MIN:	1140
MAX:	1138

MIN:	2070
MAX:	2081

MIN:	3424
MAX:	3430

MIN:	2031
MAX:	2013

Adecuación de un Sistema de Visión Artificial
para control de calidad

Ainara Estaun Gabás

Letra N										
Áreas buenas	2489	2500	2504	2503	2509	2503	2505	2506	MIN:	2489
Áreas con rasguño	2475	2458	2481	2485	2475	2467	2473	2470	MAX:	2485
Áreas buenas	2501	2506	2497	2495	2490	2505	2499			
Áreas con rasguño	2464	2475	2461	2464	2469	2474	2462			

Letra S										
Áreas buenas	1851	1849	1843	1845	1842	1847	1839	1849	MIN:	1839
Áreas con rasguño	1803	1781	1813	1804	1810	1805	1785	1808	MAX:	1813
Áreas buenas	1842	1848	1852	1844	1845	1842	1845			
Áreas con rasguño	1805	1800	1812	1807	1802	1798	1805			

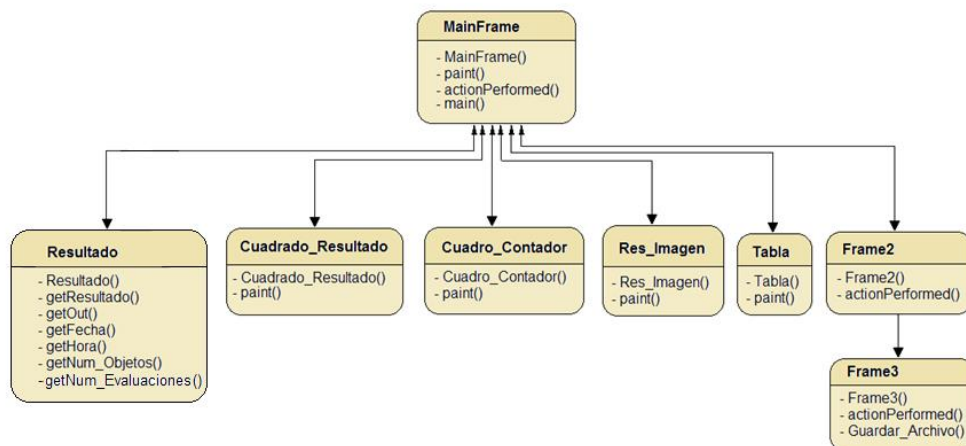
MultiAirflow NoFrost										
Letra M										
Áreas buenas	2952	2945	2941	2964	2972	2927	2974	2959	MIN:	2927
Áreas con rasguño	2926	2937	2951	2955	2946	2949	2915	2948	MAX:	2959
Áreas buenas	2988	2962	2970	2949	2945	2960	2956			
Áreas con rasguño	2943	2959	2939	2948	2940	2938	2946			

Letra T última										
Áreas buenas	543	536	531	545	542	541	528	537	MIN:	528
Áreas con rasguño	523	489	499	495	501	492	496	497	MAX:	523
Áreas buenas	532	542	540	539	548	543	541			
Áreas con rasguño	485	504	492	494	499	498	500			

ANEXO E

IMPLEMENTACIÓN INTERFAZ GRÁFICA

➤ Diagrama de clases:



- **MainFrame:**
 - `main()`: clase principal
 - `MainFrame()`:
 - Ventana JFrame.
 - Conexión socket por el puerto TCP 50010 y la IP del sensor.
 - Timer que refresca el programa cada 2 segundos.
 - Si hay conexión, se leen los datos recibidos del sensor y se guardan como un nuevo `Resultado()` en un array de los mismos.
 - Conexión con base de datos para guardar el resultado. Se establece conexión al servidor "servberiaain" en el que se encuentra la base de datos mediante un usuario y contraseña. Posteriormente se conecta con la base de datos "Visión_Artificial" y a la tabla en la que se quieren guardar los resultados de la pieza. Según que pieza se quiera evaluar se establecerá una tabla u otra.
 - Botón buscador.
 - `Paint()`:

Adecuación de un Sistema de Visión Artificial para control de calidad

Ainara Estaun Gabás

-
- Se dibujan las clases Cuadrado_Resultado, Cuadro_Contador, Tabla y Res_Imagen.
 - Se recorre el array de resultados y se dibujan los 10 últimos en la tabla inferior.
 - actionPerformed(): si el botón buscador es pulsado, se crea el nuevo JFrame llamado Frame2.
 - Resultado:
 - Resultado(): cada vez que se realiza una evaluación nueva, se guarda el resultado como un array con los siguientes elementos : resultado OK o NOK, un ID puesto a 1 si la evaluación es OK y a 0 si es NOK, fecha, hora, numero de objetos adecuados.
 - getResultado(): devuelve el resultado OK o NOK de la evaluación.
 - getOut(): devuelve el valor del ID de la evaluación.
 - getFecha(): devuelve la fecha de la evaluación.
 - getHora(): devuelve la hora de la evaluación.
 - getNum_Objetos(): devuelve el número de objetos adecuados encontrados en la pieza.
 - getNum_Evaluaciones(): devuelve el número de evaluación.
 - Cuadrado_Resultado:
 - Cuadrado-Resultado():
 - Se crean los colores rgb a utilizar.
 - Se cargan dos imágenes. Una que muestra un OK y otra que muestra un NOK.
 - paint(): si la evaluación ha sido válida se muestra la imagen con el OK, si ha sido inválida se muestra la imagen con un NOK, y si no ha habido evaluación todavía se muestra un rectángulo de color gris. Esta variable proviene de la clase MainFrame.
 - Cuadro_Contador:
 - Cuadro_Contador(): se crean los colores rgb a utilizar.
 - paint(): se dibujan dos cuadrados de color gris y en su interior el número de evaluaciones hasta el momento, y el número de objetos adecuados detectados en la evaluación, provenientes de la clase MainFrame.
 - Res_Imagen:
 - Res_Imagen():
 - Se crean los colores rgb a utilizar.
 - Se carga una imagen de la pieza a inspeccionar.

Adecuación de un Sistema de Visión Artificial para control de calidad

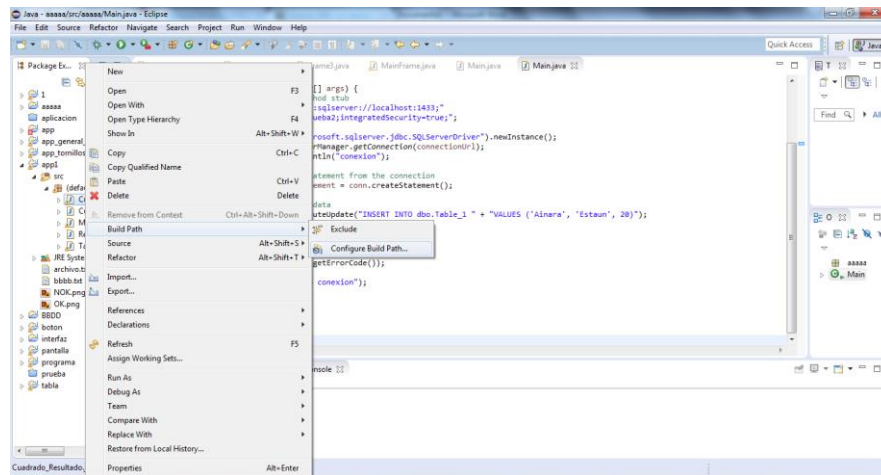
Ainara Estaun Gabás

-
- `paint()`: se dibuja un borde para la imagen y se dibuja la imagen en su interior. En el caso de la aplicación para el foco aeroleo se añade una parte más de código. En la clase `MainFrame` se ha guardado una variable con el número de objetos detectados en cada modelo. Si esa variable por tanto es 0 se dibuja un aspa roja sobre el tornillo concreto. Si por el contrario esa variable es 1 se dibuja un círculo verde.
 - **Tabla:**
 - `Tabla()`: se crean colores y fuente de la letra.
 - `paint()`: se dibujan las líneas que dan forma a las filas y columnas de la tabla.
 - **Frame2:**
 - `Frame2()`:
 - Se establece tamaño de la nueva ventana
 - Se añade un botón y un área de texto.
 - `actionPerformed()`: si se pulsa el botón, se guarda en una variable el texto introducido y se crea el nuevo `JFrame` llamado `Frame3`.
 - **Frame3:**
 - `Frame3()`:
 - Se establece tamaño de la nueva ventana
 - Se crea un panel en el que se incluye una lista con una barra de *scroll*.
 - Se establece conexión a la base de datos, y se realiza una consulta: seleccionar todos los valores de la tabla en los que la fecha coincida con la fecha introducida en el área de texto del `Frame2` y ordenados.
 - Se guardan todos los resultados en un array, y se muestran en la lista.
 - `actionPerformed()`: si se pulsa el botón guardar, se lanza el método `Guardar_Archivo()`.
 - `Guardar_Archivo()`: se crea un archivo de texto en el que se incluyen todos los elementos de la lista.

Adecuación de un Sistema de Visión Artificial para control de calidad

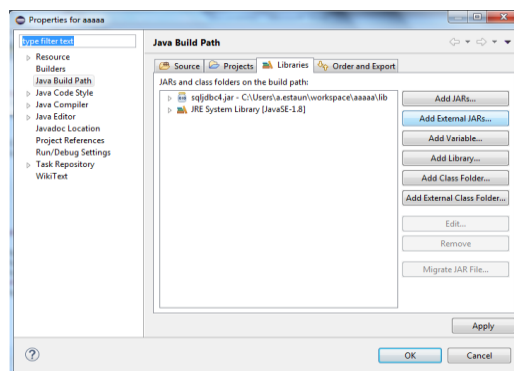
Ainara Estaun Gabás

- JRE (Java Runtime Environment) versión mínima: 1.4.0
- JDK (Java Development Kit) y Eclipse: si se requiere modificar alguna parte del código.
- SQL Server Management Studio.
- JDBC SQL driver versión 4.0 para Eclipse:
 - El archivo sqljdbc_auth.dll debe estar en el mismo directorio en el que esté guardado el proyecto.
 - Se crea una carpeta en ese mismo directorio, llamada “lib” por ejemplo, en la que se guarda la librería del JDBC: sqljdbc4.jar.
 - Para añadir la librería al proyecto desde Eclipse se pulsa botón derecho en el proyecto y a continuación “Build Path” y “Configure Build Path”.



FigE1. Pasos para agregar la librería del JDBC desde Eclipse

- En la siguiente ventana, en la pestaña “Libraries” se pulsa en “Add External JARs” y se selecciona el archivo .jar guardado en la carpeta “lib”.



FigE2. Seleccionar librería

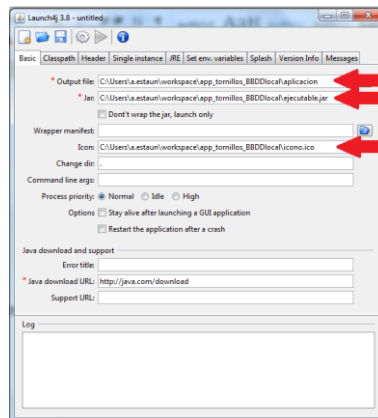
- Crear el archivo ejecutable:

Adecuación de un Sistema de Visión Artificial para control de calidad

Ainara Estaun Gabás

Para crear una versión ejecutable del proyecto se realizan los siguientes pasos:

- Desde Eclipse, se pulsa el botón derecho en el proyecto y se selecciona la opción “Export”. A continuación se pulsa en “Runnable JAR file” y se indica la carpeta de destino que será la misma donde se encuentra el proyecto.
- Por otro lado se crea un icono, imagen en la que el usuario hará clic cuando cargue el programa.
- Para crear el archivo ejecutable es necesario utilizar el programa “Launch4J”. Al abrirlo se rellena el campo de texto donde se indica la ubicación en la que se desea guardar el archivo ejecutable. Se hará en la misma carpeta en la que está el proyecto, ya que necesita elementos externos que están en ella. A continuación se añade el archivo .jar previamente exportado desde eclipse, y el icono deseado.

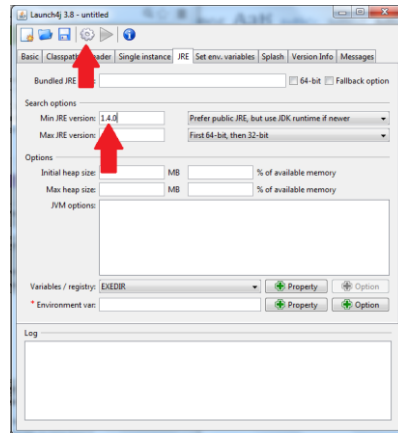


FigE3. Configuración básica

Se cambia a la pestaña JRE en la que se introduce como versión mínima del JRE la 1.4.0. Esto asegura que los usuarios tengan una versión de Java suficiente como para utilizar el programa. Finalmente se pulsa el botón de “construir envoltorio”.

Adecuación de un Sistema de Visión Artificial para control de calidad

Ainara Estaun Gabás



FigE4. Configuración JRE y ejecución

- Si se quiere ejecutar el programa desde otra ubicación, y no de la carpeta en la que se ha creado, se puede crear un acceso directo.